



Projeto: Tecnologias para a otimização da produção de uvas de alto potencial enológico na região da Serra do Sudeste-RS

Plano Ação: 30.21.90.081.00.02 - Zoneamento edáfico e climático, ajustes no manejo fitotécnico, elaboração e caracterização de vinhos e confecção de matrizes de potencialidade enológica com mapeamento de solos e vigor das plantas para o incremento do potencial enológico das uvas e da qualidade dos vinhos das parcelas vitícolas.

Responsável: Rosemary Hoff – Pesquisadora Sensoriamento remoto e Geoprocessamento

Instituição: Embrapa Uva e Vinho

Nota técnica: Investigação de índices de vegetação de vinhedos a partir de imagens Sentinel-2 em Encruzilhada do Sul, Brasil

Introdução

Os índices de vegetação são comumente utilizados a partir de imagens orbitais, podendo também ser obtidos por aeronaves e VANTs, em diferentes regiões do espectro eletromagnético, principalmente nas regiões do visível e infravermelho próximo, usando também bandas do infravermelho de ondas curtas (Moreira et al. 2015). O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é o mais conhecido (Rouse et al. 1974), indicando biomassa fotossinteticamente ativa, podendo inferir a sanidade da vegetação. O NDVI diferencia a vegetação de outros tipos de cobertura do solo, bem como determinar o seu estado de vigor, detectando alterações no processo de crescimento.

O Índice Red Edge por Diferença Normalizada – NDRE (Barnes et al., 2000), é usado para avaliar o teor de clorofila nas plantas, assim como sua captação de nitrogênio e possíveis demandas de fertilizantes. Este utiliza a banda na borda do vermelho (red edge), onde se dá a maior absorção da clorofila e também onde a luz penetra mais profundamente nas plantas. O seu uso permite uma melhor análise entre plantas mais saudáveis para menos saudáveis, pois não satura a imagem resultante quanto o NDVI.



O índice de vegetação realçado (EVI) foi projetado para realçar o sinal de vegetação com alta biomassa por meio de desacoplamento do sinal de fundo do dossel (solo) e redução da influência da atmosfera. Este índice foi formulado por Liu e Huete (1980) para corrigir simultaneamente os resultados de NDVI, especialmente nas áreas de vegetação densa. A variação do índice EVI é de -1 a 1 e, geralmente para a vegetação saudável, varia desde 0,2 até 0,8. O EVI utiliza os coeficientes de correção da dispersão de aerossóis da atmosfera, bem como o coeficiente L para ajustar a saturação do dossel e do solo.

O índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) foi formulado para minimizar as influências da reflectância do solo. Huete (1988) adicionou um fator L de adaptação do solo à equação do NDVI para corrigir os efeitos de ruído provocados pela cor, umidade, etc., variabilidade que tende a afetar os resultados do comportamento espectral da vegetação. Este índice é geralmente utilizado para análises de cultivos jovens, regiões áridas com vegetação escassa e superfícies de solos expostos.

O índice de diferença normalizada de água (NDWI) foi concebido para definir características de água da vegetação na imagem orbital (McFeeters, 1996). O NDWI usa a reflectância dos espectros infravermelho próximo e visível (verde), realçando a água, eliminando a reflectância de vegetação. A reflectância SWIR mostra mudanças no conteúdo de água na vegetação, refletindo a estrutura esponjosa mesófila da vegetação, enquanto a reflectância NIR revela a estrutura interna da folha e o conteúdo da matéria seca das folhas mas não do conteúdo de água.

O índice resistente à atmosfera na região visível (VARI) foi concebido para enfatizar a vegetação na porção visível do espectro, sem a banda NIR, a fim de também mitigar as diferenças de iluminação e os efeitos atmosféricos (Gitelson et al. 2002). É uma medida do quão verde é a cena da imagem, não sendo substituto da câmera NIR, utilizando os comprimentos de onda em 485, 560, 660 nm. O VARI foi originalmente formulado para seu uso nas imagens de satélite, sendo pouco sensível aos efeitos atmosféricos, permitindo que a vegetação seja estimada numa variedade de ambientes com um erro <10% numa ampla extensão de densidade atmosférica óptica.

O índice de vegetação da diferença do verde normalizado (GNDVI) usa o verde visível (em vez do vermelho visível) e infravermelho próximo (Gitelson, 1996). Ou seja, mede o espectro de verde de 540 até 570 nm em substituição ao espectro de vermelho. Este índice é mais sensível à concentração de clorofila do que o NDVI, sendo empregado na avaliação de vegetação enfraquecida e envelhecida, bem como inferir o conteúdo de nitrogênio nas folhas da planta.

Nas áreas vitivinícolas do Rio Grande do Sul, estudos foram feitos para analisar os aspectos do vigor de planta e condições de água e solo, como nas regiões vitivinícolas Serra Gaúcha, Serra do Sudeste e Campanha (Hoff et al., 2010, 2015; Junges et al. 2017a). Estudos sobre agricultura de precisão foram feitos numa propriedade na região da Campanha, pela análise intra e interparcelar do relevo e NDVI (Hoff et al. 2016), utilizando imagens de média resolução, reamostradas para alta resolução, sem modificar os dados originais.

Material e Método

Foram utilizadas imagens do Satélite Sentinel-2, sensor MSI, cujos dados foram projetados para serem modificados e adaptados por usuários interessados em áreas temáticas como planejamento espacial, monitoramento agroambiental, monitoramento de água, monitoramento de floresta e vegetação, carbono terrestre, monitoramento de recursos naturais e monitoramento global de safras.

Os produtos gerados a partir de dados Sentinel-2 permitem o monitoramento sistemático e o mapeamento das variações das culturas naturais e plantadas resultantes da atividade humana e da variabilidade sazonal. As imagens foram obtidas gratuitamente pelo site da European Space Agency (ESA, 2021), sendo este um produto gerado a partir de dados de sensores multiespectrais, na região do espectro eletromagnético visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Bandas espectrais do sensor MSI do satélite Sentinel-2.

Banda (região do espectro)	Resolução (m)	Comprimento de onda central (nm)	Combinações de bandas
B02	10	490	Cor verdadeira: RGB04/03/02 Falsa cor 1: RGB08/04/03 Falsa cor 2: RGB04/08/03
B03		560	
B04		665	
B08		842	
B05	20	705	SWIR 1: RGB12/11/08A
B06		740	
B07		783	
B08A		865	
B11		1610	
B12		2190	
B01	60	443	-

B09	Vapor de água		940	
B10	Cirrus		1375	
TC1	Pancromática	10	-	B02/B04/B03

Os índices de vegetação testados com dados Sentinel-2 são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Índices de vegetação e suas operações com as bandas do Sentinel-2.

Índice	Fórmula	Referência	banda	Resolução (m)
NDVI	$(\text{NIR}-\text{Red}) / (\text{NIR}+\text{Red})$	Rousse et al. (1974)	NIR=B08 Red=B04	10
NDRE	$(\text{NIR}-\text{RE}) / (\text{NIR}+\text{RE})$	(Barnes et al., 2000),	NIR=B08 RE1=B05 RE2=B06 RE3=B07 RE4=B08A	20
EVI	$2.5 * [(\text{NIR} - \text{Red}) / ((\text{NIR}) + [(C1 * \text{Red}) - (C2 * \text{Blue}) + L])]$	Huette et al. (2002)	NIR=B08 Red=B04 Blue=B02	10
SAVI	$[(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red} + L)] \times (1 + L)$	Huette (1988)	NIR=B08 Red=B04	10
NDWI	$(\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$	(McFeeters, 1996)	Green=B03 NIR=B08	10
NDWI	$\text{NDWI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$	(McFeeters, 1996)	NIR=B08 SWIR1=B11 SWIR2=B12	10 20
VARI	$(\text{Green} - \text{Red}) / (\text{Green} + \text{Red} - \text{Blue})$	Gitelson et al. (2002)	Green=B03 Red=B04 Blue=B02	10 10 10
GNDVI	$(\text{NIR} - \text{Green}) / (\text{NIR} + \text{Green})$	Gitelson et al. (1996)	NIR=B08 Green=B03	10 10

Os processamentos de imagem e geoprocessos foram executados no programa livre QGIS versão 3.14 (QGIS, 2020) e gvSIG (GVA, 2020). Os índices foram processados na função “calculadora raster” do QGIS, os produtos com resolução 10 m, sendo que os mapas foram elaborados na função “layout” do QGIS.

O acompanhamento por imagens, bem como a geração dos índices de vegetação será, no mínimo, mensal, a partir de janeiro de 2021, as cenas obtidas até outubro de 2021 são mostradas na Tabela 3. As imagens de setembro não estavam adequadas, pois havia muita cobertura de nuvens sobre a área estudada.

Tabela 3. Cenas de imagens Sentinel-2, com início em janeiro de 2021, Encruzilhada do Sul.

Data	Cena	Estação	Aspectos fisiológicos
02/01/2021	L1C_T22JCM_A019984_20210102T133223	Verão	Desenvolvimento vegetativo (folhas, maturação de frutos)
21/02/2021	L1C_T22JCM_A020699_20210221T133222	Verão	Desenvolvimento vegetativo (folhas, frutos)
26/02/2021	L1C_T22JCM_A029679_20210226T133224	Verão	Desenvolvimento vegetativo (folhas, frutos maduros)
13/03/2021	L1C_T22JCM_A020985_20210313T133223	Verão	Desenvolvimento vegetativo (folhas, frutos maduros)
07/04/2021	L1C_T22JCM_A030251_20210407T133220	Outono	Pós-colheita, folhas envelhecidas
27/04/2021	L1C_T22JCM_A030537_20210427T133710	Outono	Senescência e queda de folhas
02/05/2021	L1C_T22JCM_A021700_20210502T133220	Outono	Senescência e queda de folhas
07/05/2021	L1C_T22JCM_A030680_20210507T133712	Outono	Senescência e queda de folhas
02/05/2021	L1C_T22JCM_A021843_20210512T133223	Outono	Senescência e queda de folhas
27/05/2021	L1C_T22JCM_A030966_20210527T133420	Outono	Senescência e queda de folhas
11/06/2021	L1C_T22JCM_A022272_20210611T133225	Outono	Senescência e queda de folhas
21/07/2021	L1C_T22JCM_A022844_20210721T133226	Inverno	Senescência, sem de folhas
31/07/2021	L1C_T22JCM_A022987_20210731T133226	Inverno	Senescência e queda de folhas
30/08/2021	L1C_T22JCM_A023416_20210830T133116	Inverno	Senescência e ausência de folhas
19/10/2021	L1C_T22JCM_A033111_20211024T133229	Primavera	Desenvolvimento vegetativo, folhas novas

Resultados

Os testes feitos com os índices propostos (Tabela 2) foram aplicados na imagem de 02/01/2021, no período de clímax vegetativo. O resultado do NVDI nestes vinhedos coincidiu com NDVI de vinhedos encontrado por Junges et al. (2017b) para janeiro de safras anteriores na Serra Gaúcha. Porém, o índice NDRE com a banda 5 (red edge 1) demonstrou melhor variabilidade dos vinhedos quanto ao vigor de planta (Figura 2). O NDRE também foi testado para as bandas 6, 7 e 8A, mas apresentaram resultados menos eficientes quanto à variabilidade espacial. O índice EVI realça a vegetação e pode ser comparado para o vigor de planta, tendo valores próximos ao NDRE banda 5, sendo um pouco mais altos, devido ao realce que o índice resulta.

O NDWI para a banda 11 alcançou valores negativos, enquanto que para a banda 12 está coerente com os maiores valores máximos ocorrentes nos mapas de outros índices.

Quanto ao GNDVI, os valores mais baixos e mais altos coincidem na cena com as outras áreas dos outros índices testados.

Os índices SAVI e VARI se distribuíram na imagem e nos vinhedos coincidentemente com os índices anteriores.

A figura 1 resume a estatística básica do comportamento espectral dos índices de vegetação aplicados na imagem de janeiro de 2021.

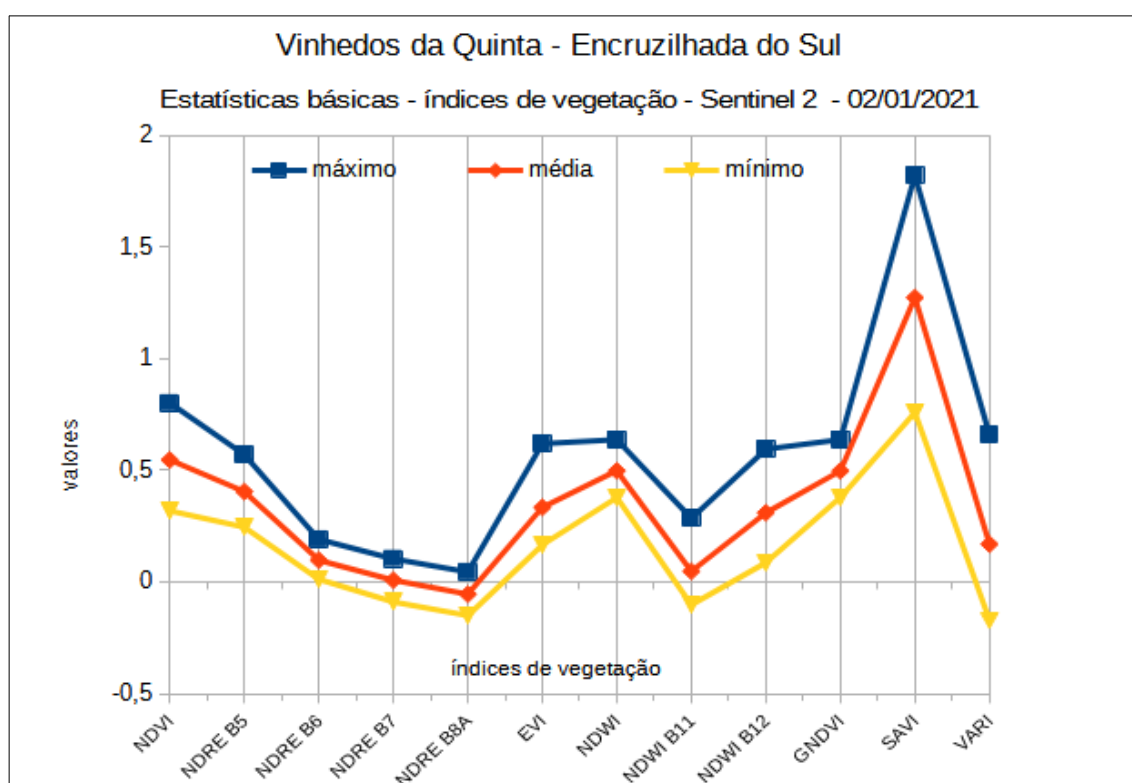
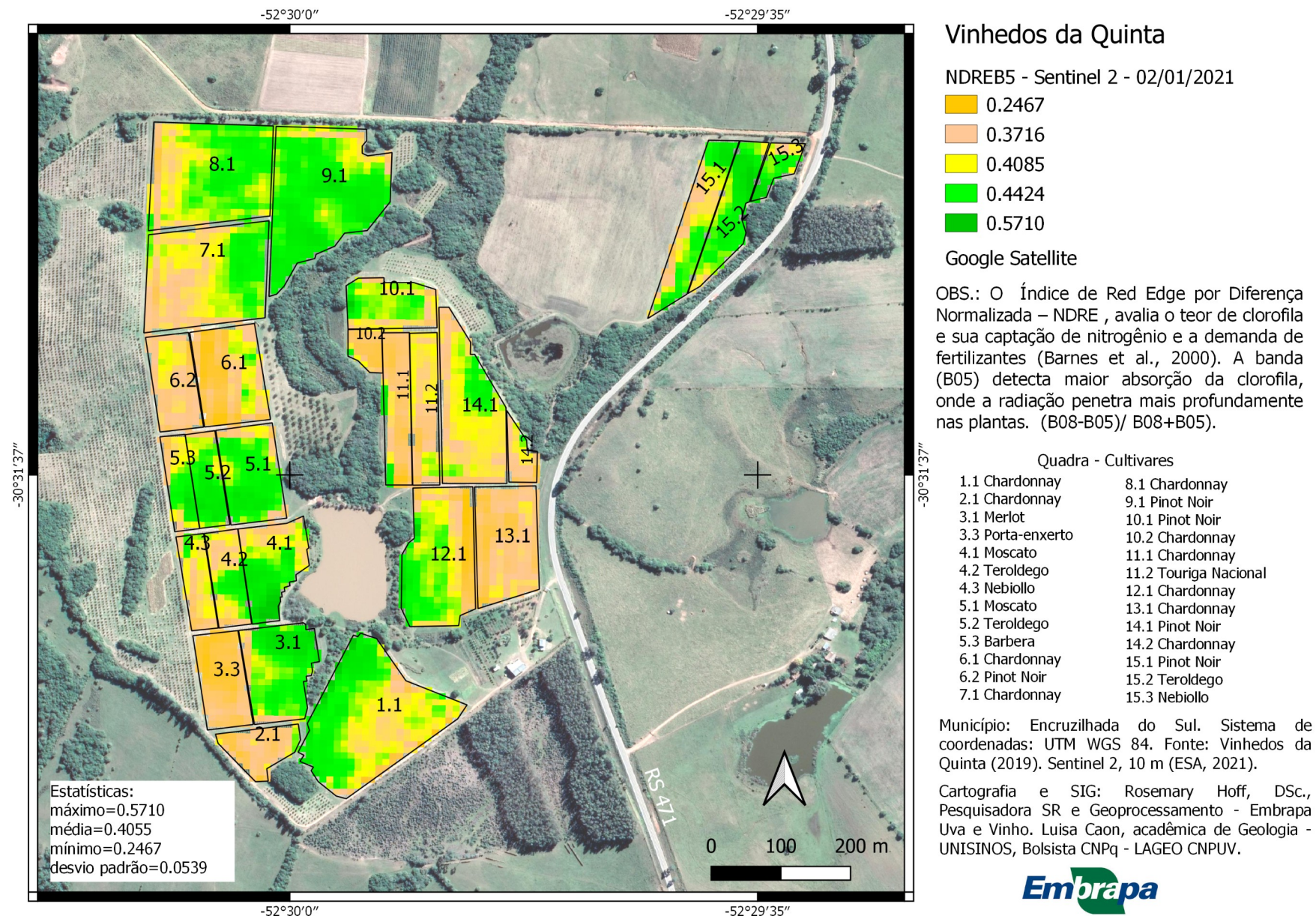


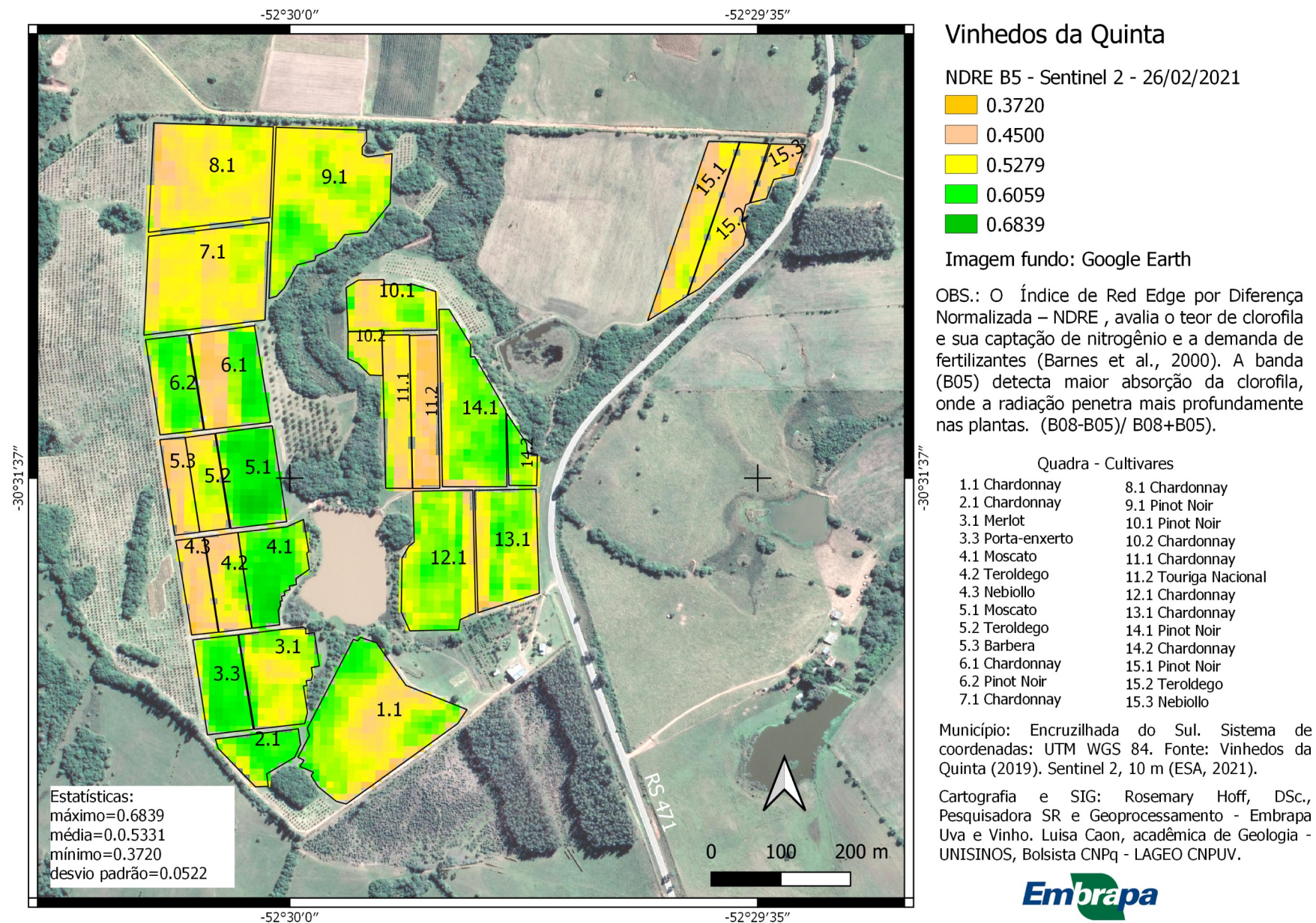
Figura 1. Resumo estatístico dos índices testados para a imagem Sentinel-2 em janeiro de 2021.

Baseando-se nos resultados, foram escolhidos os índices NDRE B5, NDWI B12 e SAVI para as cenas a partir de janeiro de 2021. Estes índices abrangem as regiões do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, podendo inferir diferentes aspectos da vegetação dos vinhedos.

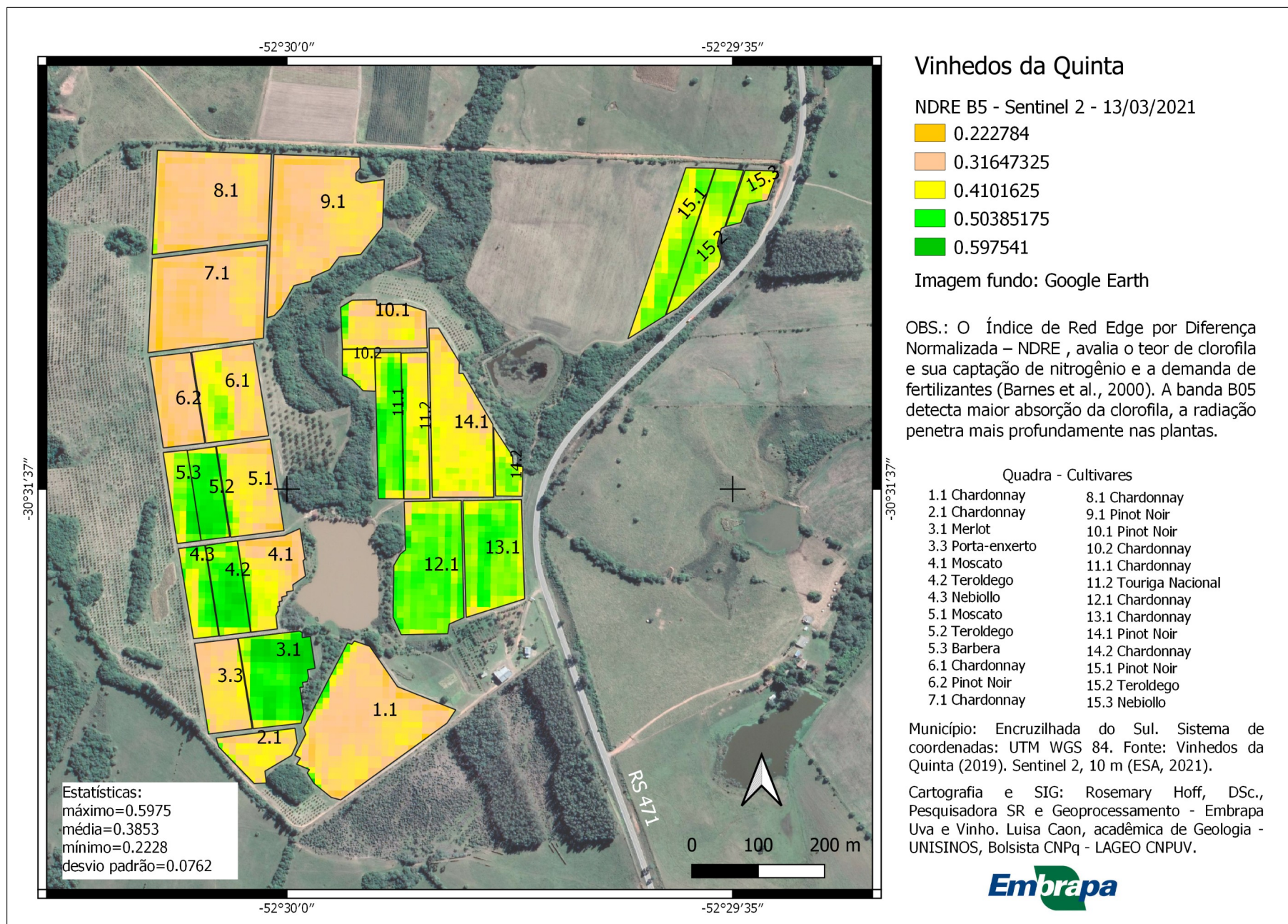
ANEXO I - Índice NDRE BANDA 5



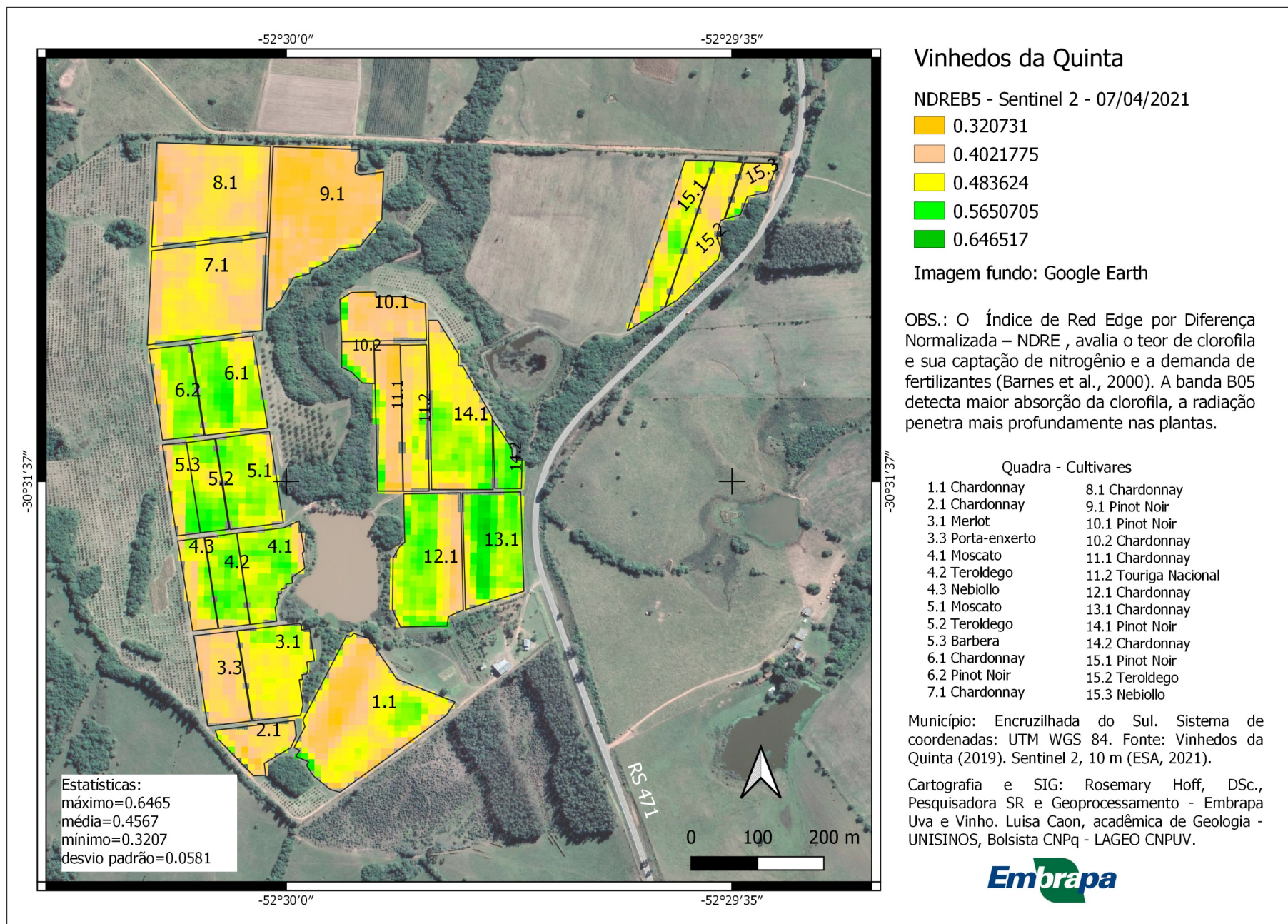
Anexo I-a. Índice de red edge por diferença normalizada - NDRE com banda 5 do Sentinel-2 de janeiro de 2021.



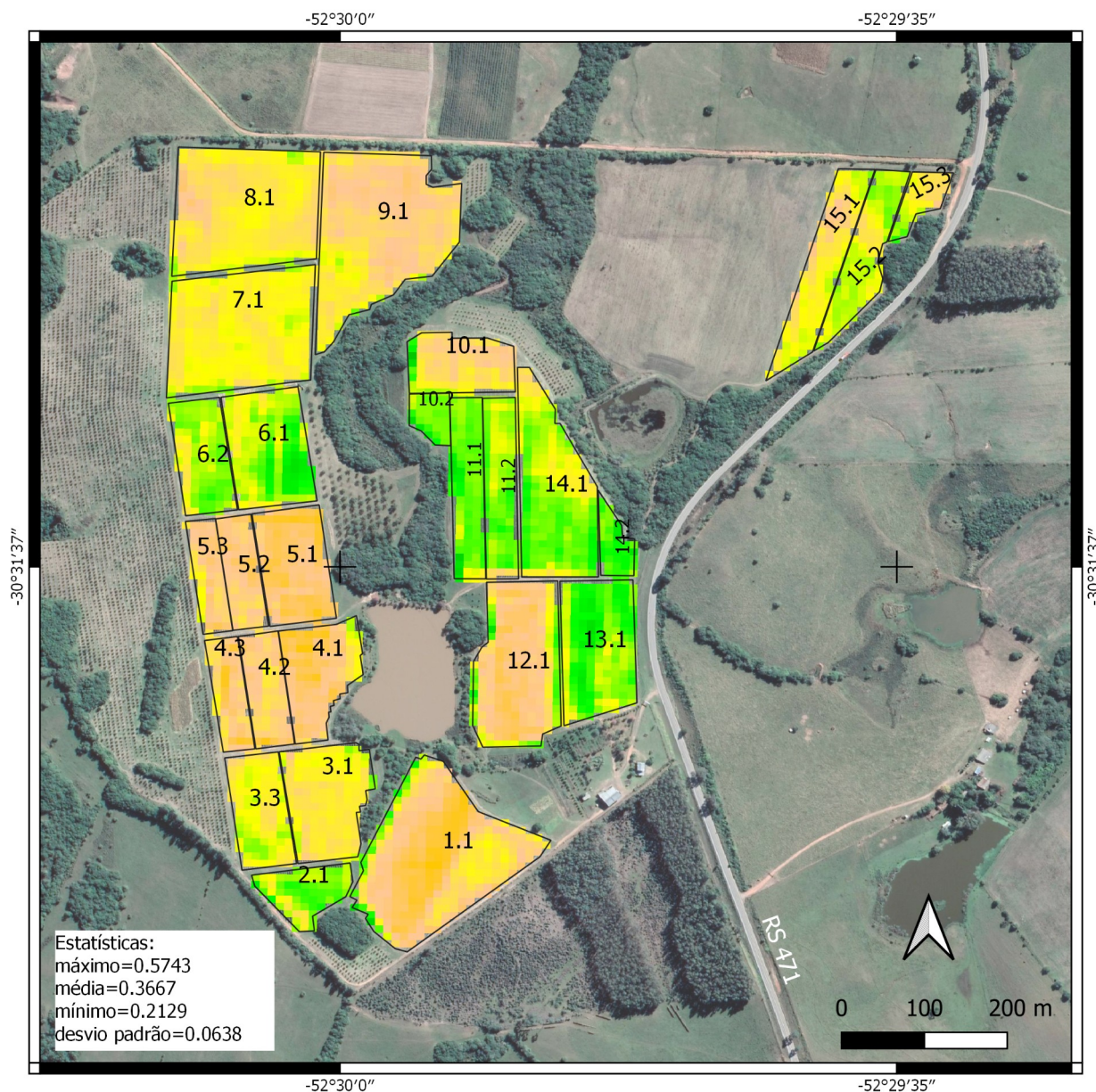
Anexo I-b. Índice de red edge por diferença normalizada - NDRE com banda 5 do Sentinel-2 de fevereiro de 2021.



Anexo I-c. Índice de red edge por diferença normalizada - NDRE com banda 5 do Sentinel-2 de março de 2021.



Anexo I-d. Índice de red edge por diferença normalizada - NDRE com banda 5 do Sentinel-2 de abril de 2021.



Vinhedos da Quinta

NDRE B5 - Sentinel 2 - 02/05/2021

- 0.212945
- 0.3032805
- 0.393616
- 0.4839515
- 0.574287

Imagem fundo: Google Earth

OBS.: O Índice de Red Edge por Diferença Normalizada – NDRE, avalia o teor de clorofila e sua captação de nitrogênio e a demanda de fertilizantes (Barnes et al., 2000). A banda (B05) detecta maior absorção da clorofila, onde a radiação penetra mais profundamente nas plantas.

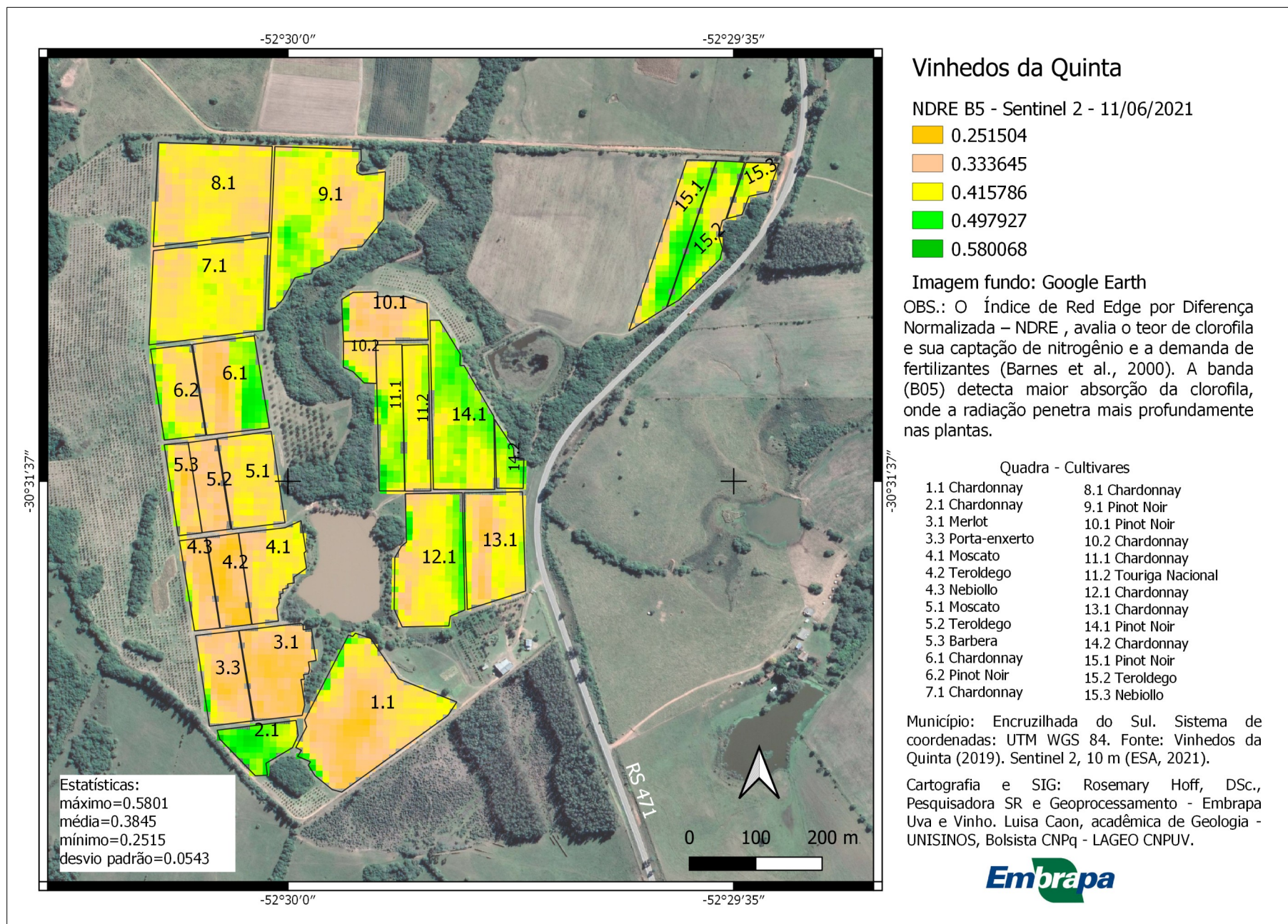
Quadra - Cultivares

1.1 Chardonnay	8.1 Chardonnay
2.1 Chardonnay	9.1 Pinot Noir
3.1 Merlot	10.1 Pinot Noir
3.3 Porta-enxerto	10.2 Chardonnay
4.1 Moscato	11.1 Chardonnay
4.2 Teroldego	11.2 Touriga Nacional
4.3 Nebiolo	12.1 Chardonnay
5.1 Moscato	13.1 Chardonnay
5.2 Teroldego	14.1 Pinot Noir
5.3 Barbera	14.2 Chardonnay
6.1 Chardonnay	15.1 Pinot Noir
6.2 Pinot Noir	15.2 Teroldego
7.1 Chardonnay	15.3 Nebiolo

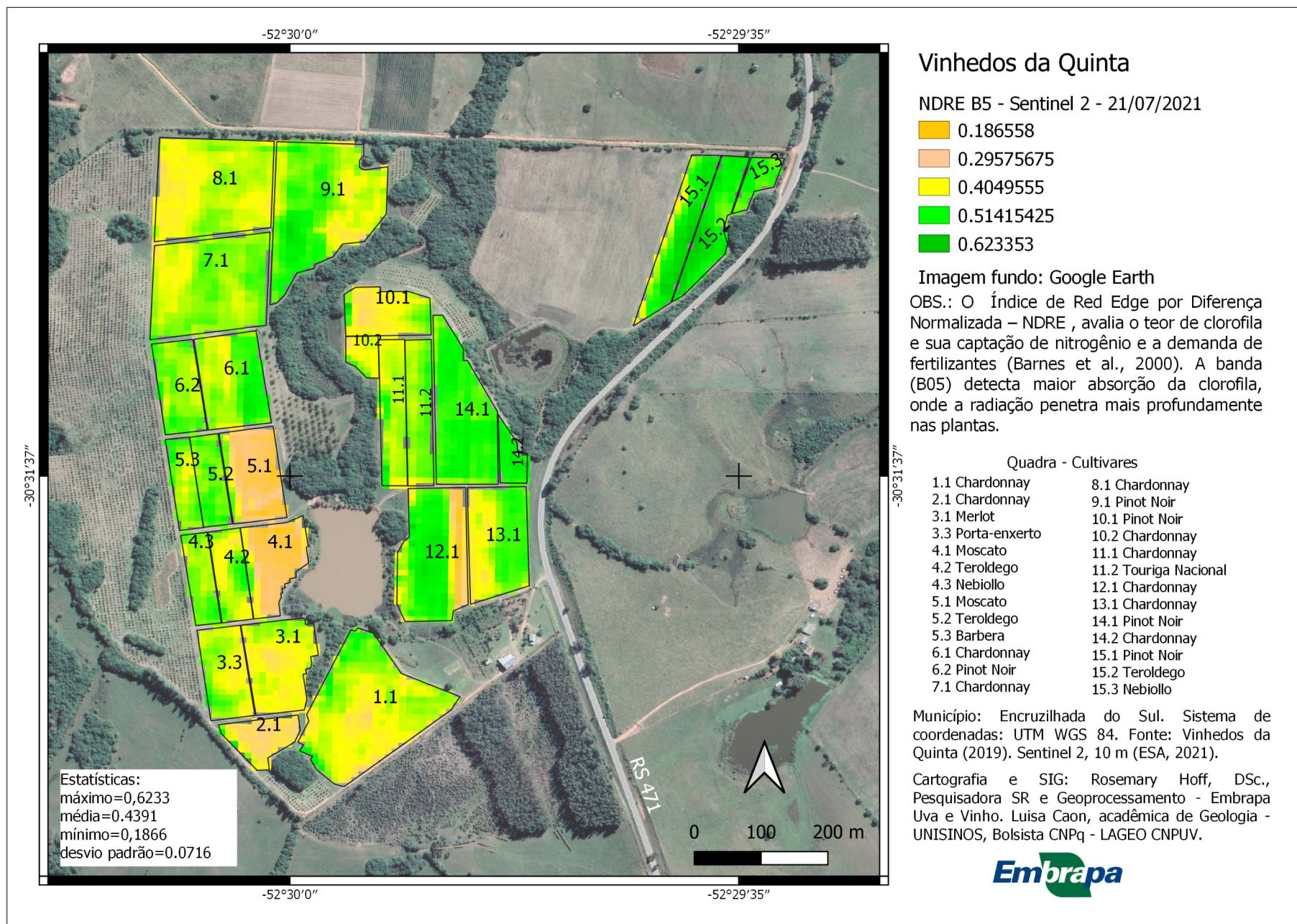
Município: Encruzilhada do Sul. Sistema de coordenadas: UTM WGS 84. Fonte: Vinhedos da Quinta (2019). Sentinel 2, 10 m (ESA, 2021).

Cartografia e SIG: Rosemary Hoff, DSc., Pesquisadora SR e Geoprocessamento - Embrapa Uva e Vinho. Luisa Caon, acadêmica de Geologia - UNISINOS, Bolsista CNPq - LAGEO CNPq.

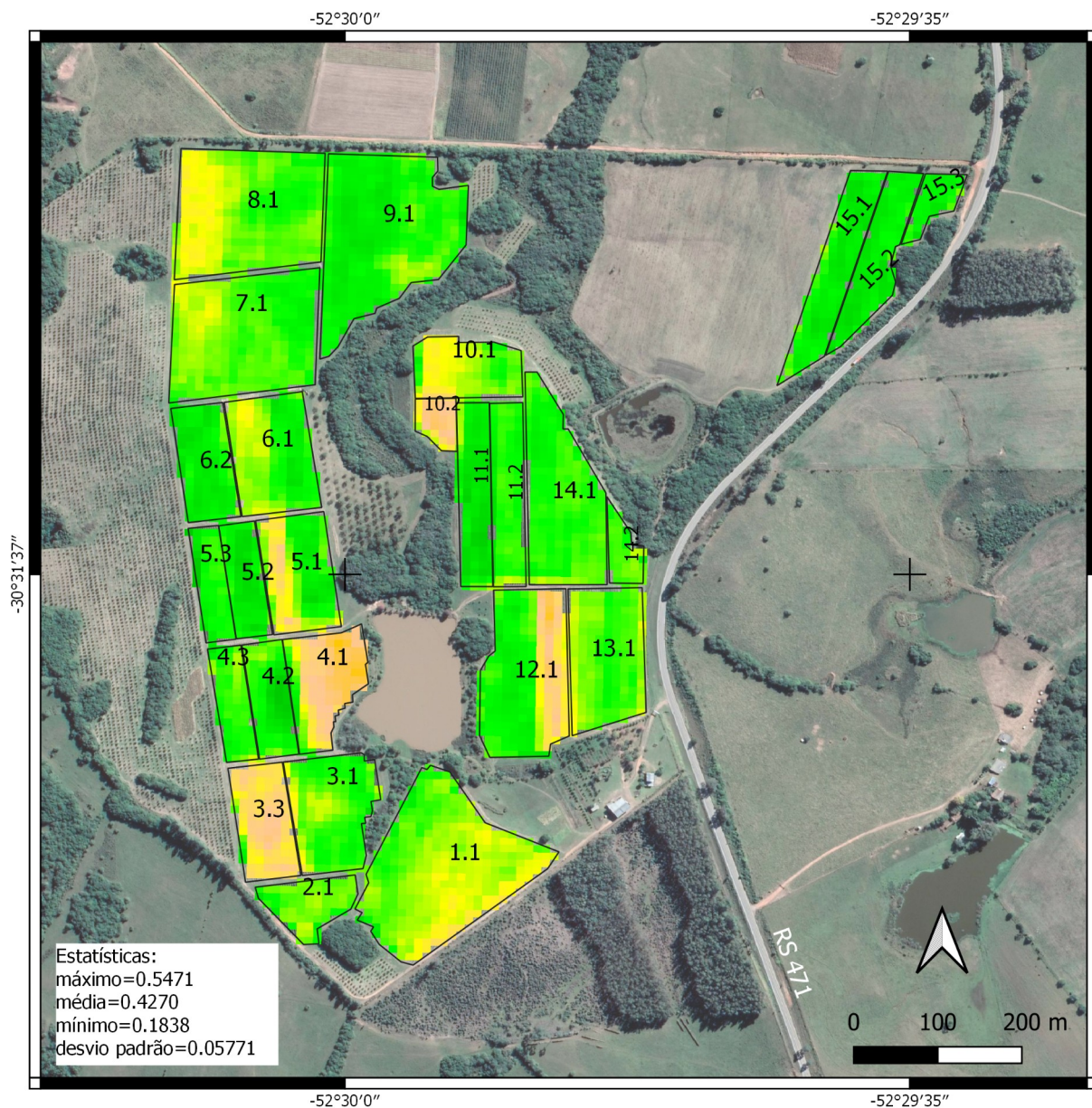




Anexo I-f. Índice de red edge por diferença normalizada - NDRE com banda 5 do Sentinel-2 de junho de 2021.



Anexo I-g. Índice de red edge por diferença normalizada - NDRE com banda 5 do Sentinel-2 de julho de 2021.



Vinhedos da Quinta

NDRE B5 - Sentinel 2 - 30/08/2021

- 0.183785
- 0.27462075
- 0.3654565
- 0.45629225
- 0.547128

Imagem fundo: Google Earth

OBS.: O Índice de Red Edge por Diferença Normalizada – NDRE, avalia o teor de clorofila e sua captação de nitrogênio e a demanda de fertilizantes (Barnes et al., 2000). A banda (B05) detecta maior absorção da clorofila, onde a radiação penetra mais profundamente nas plantas.

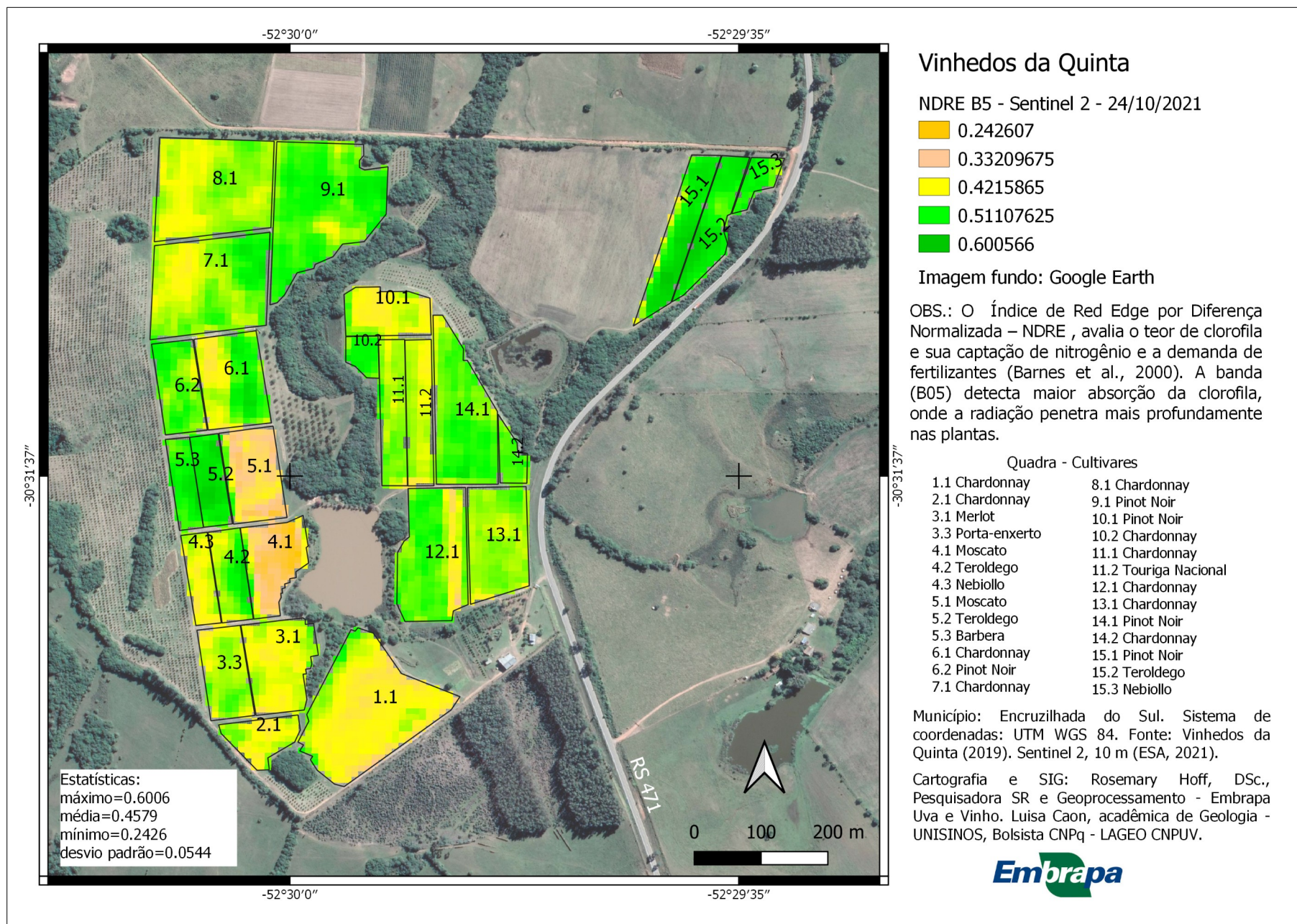
Quadra - Cultivares

1.1 Chardonnay	8.1 Chardonnay
2.1 Chardonnay	9.1 Pinot Noir
3.1 Merlot	10.1 Pinot Noir
3.3 Porta-enxerto	10.2 Chardonnay
4.1 Moscato	11.1 Chardonnay
4.2 Teroldego	11.2 Touriga Nacional
4.3 Nebiolo	12.1 Chardonnay
5.1 Moscato	13.1 Chardonnay
5.2 Teroldego	14.1 Pinot Noir
5.3 Barbera	14.2 Chardonnay
6.1 Chardonnay	15.1 Pinot Noir
6.2 Pinot Noir	15.2 Teroldego
7.1 Chardonnay	15.3 Nebiolo

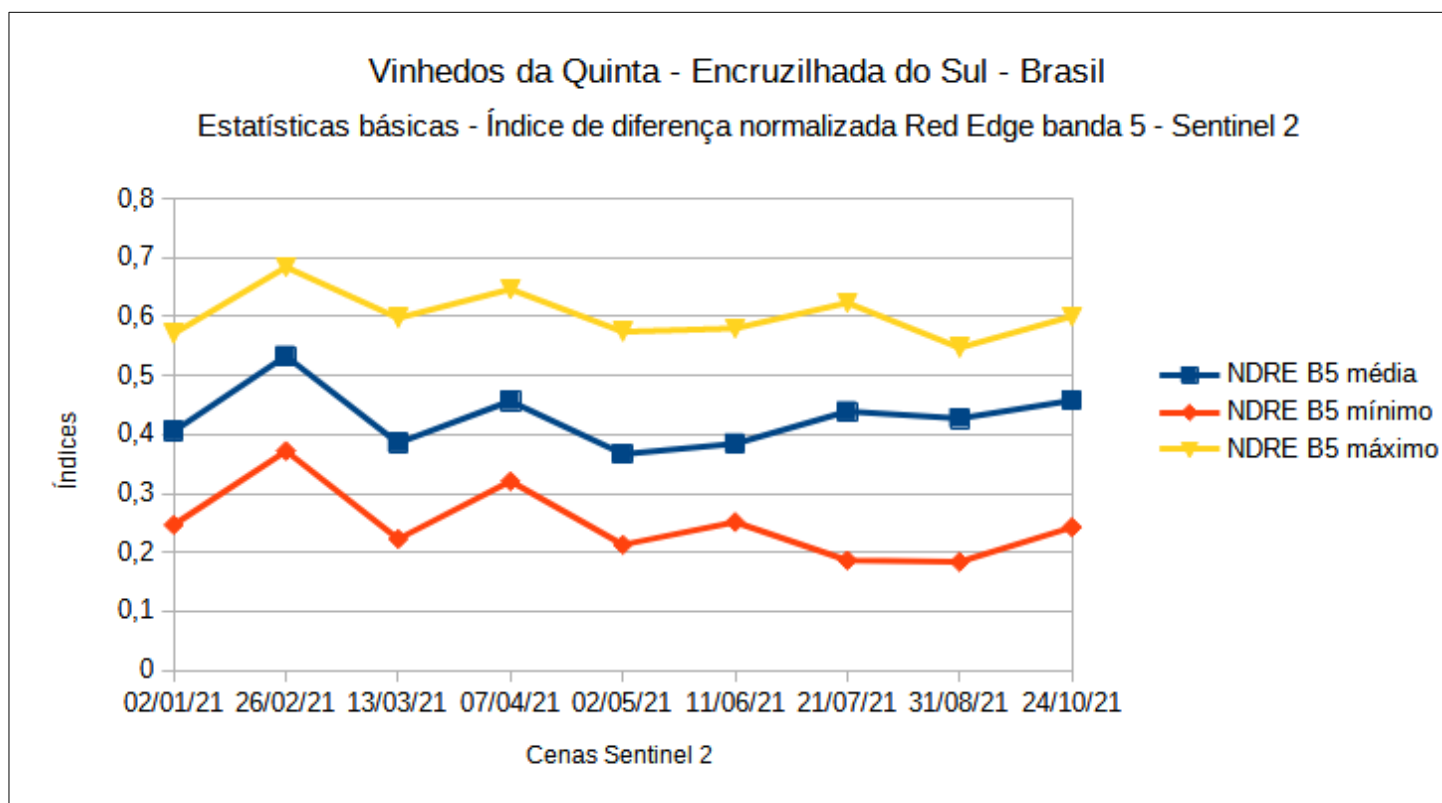
Município: Encruzilhada do Sul. Sistema de coordenadas: UTM WGS 84. Fonte: Vinhedos da Quinta (2019). Sentinel 2, 10 m (ESA, 2021).

Cartografia e SIG: Rosemary Hoff, DSc., Pesquisadora SR e Geoprocessamento - Embrapa Uva e Vinho. Luisa Caon, acadêmica de Geologia - UNISINOS, Bolsista CNPq - LAGEO CNPQ.



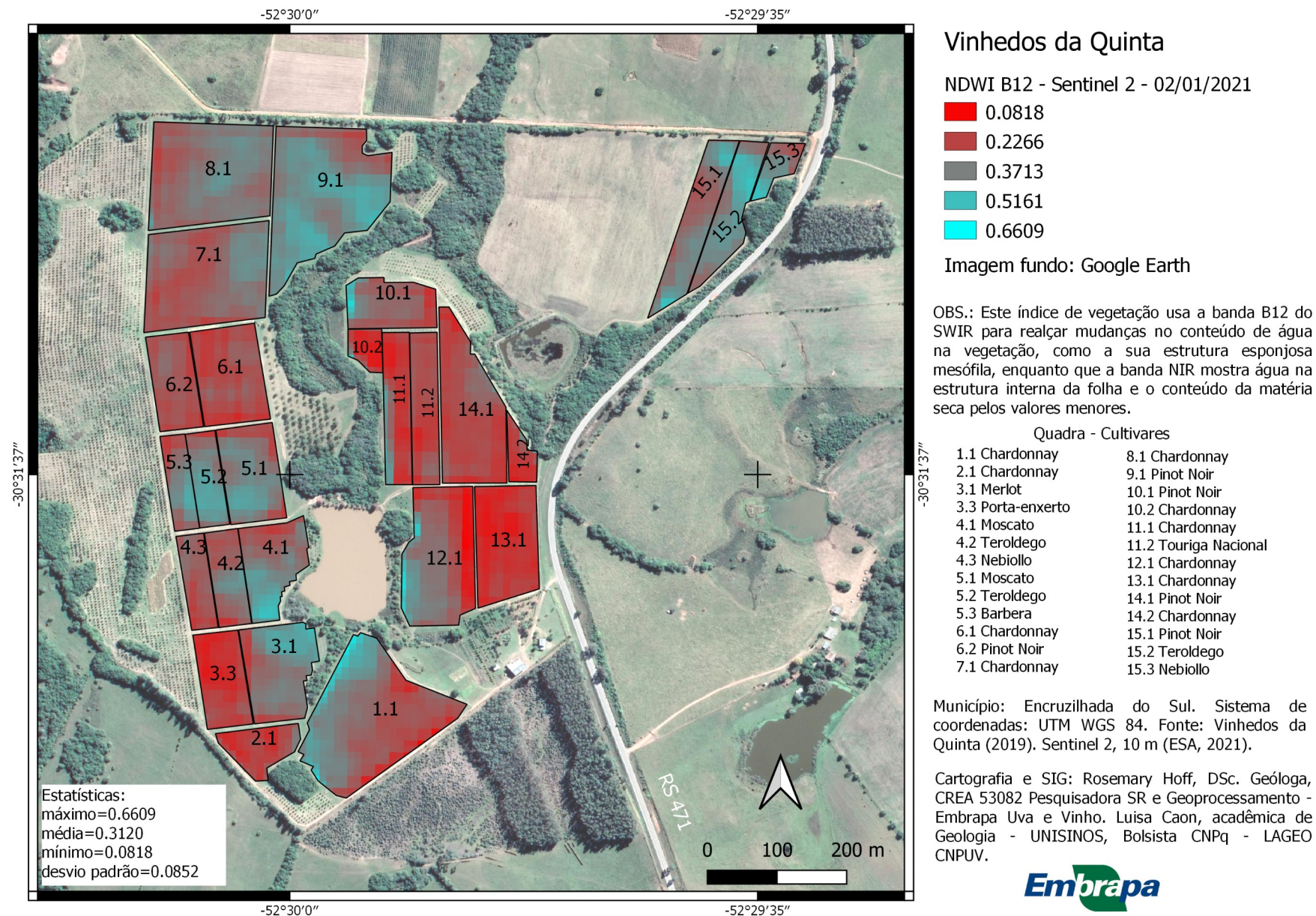


Anexo I-i. Índice de red edge por diferença normalizada - NDRE com banda 5 do Sentinel-2 de outubro de 2021.

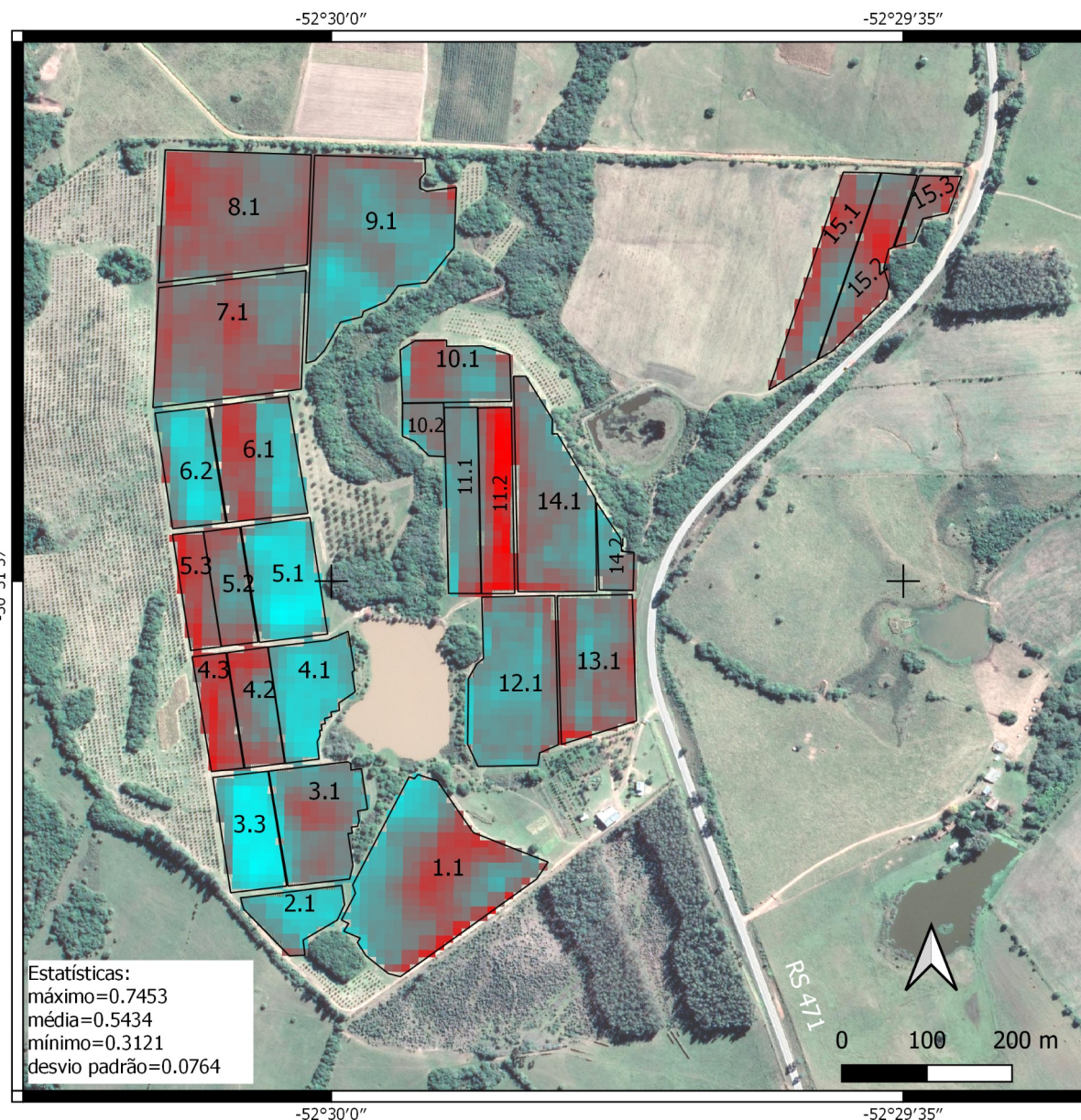


Anexo I-m. Estatísticas básicas do NDRE Banda 5 dos Vinhedos da Quinta para o ano de 2021.

Anexo II - Índice NDWI BANDA 12



Anexo II-a. Índice de diferença normalizada de água (NDWI) da banda 12, a partir de Sentinel-2 de janeiro de 2021.



Vinhedos da Quinta

NDWI banda 12

Sentinel 2 - 26/02/2021

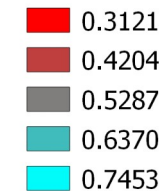


Imagem fundo: Google Earth

OBS.: Este índice de vegetação usa a banda B12 do SWIR para realçar mudanças no conteúdo de água na vegetação, como a sua estrutura esponjosa mesófila, enquanto que a banda NIR mostra água na estrutura interna da folha e o conteúdo da matéria seca pelos valores menores.

Quadra - Cultivares

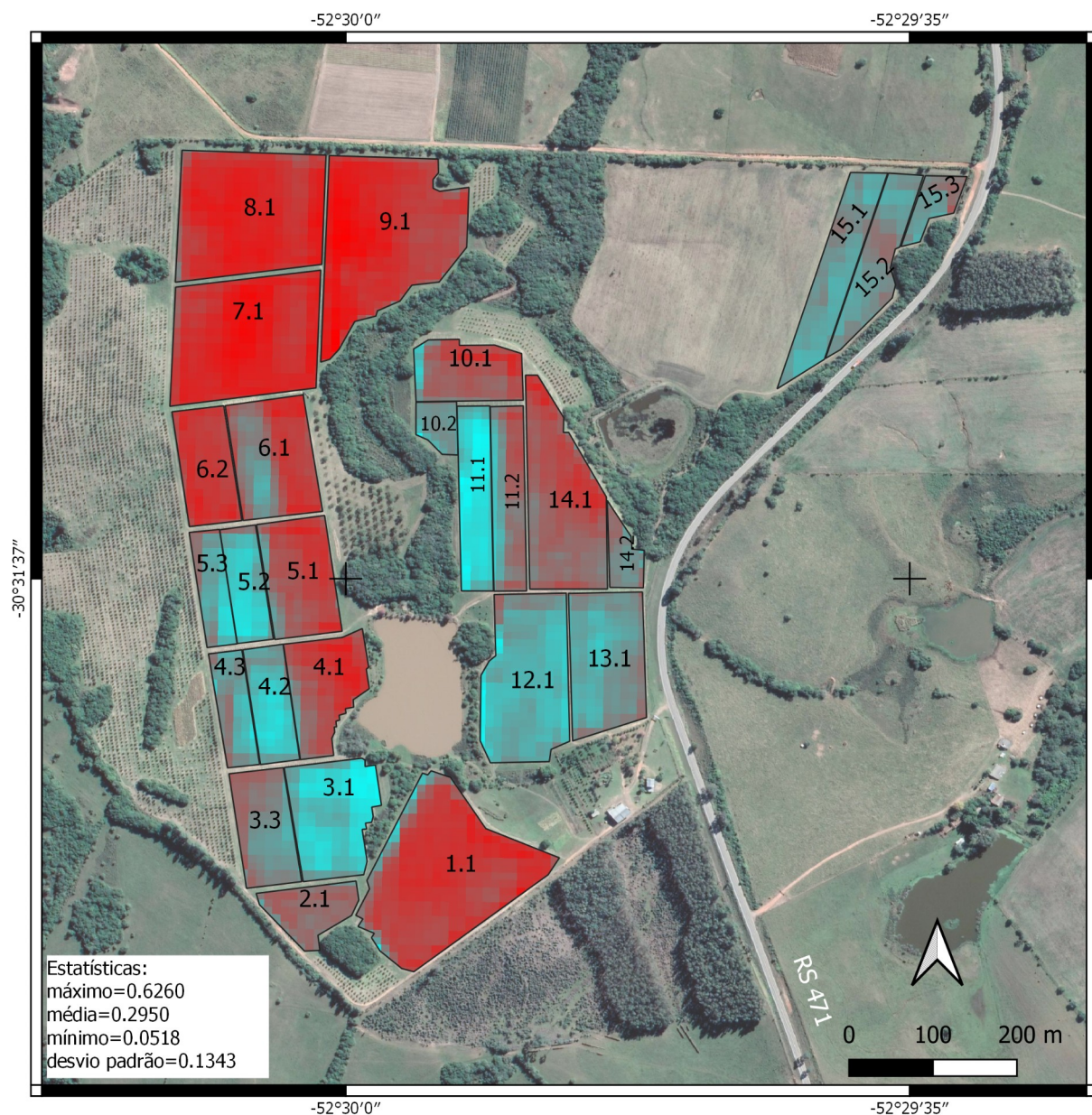
1.1 Chardonnay	8.1 Chardonnay
2.1 Chardonnay	9.1 Pinot Noir
3.1 Merlot	10.1 Pinot Noir
3.3 Porta-enxerto	10.2 Chardonnay
4.1 Moscato	11.1 Chardonnay
4.2 Teroldego	11.2 Touriga Nacional
4.3 Nebiolo	12.1 Chardonnay
5.1 Moscato	13.1 Chardonnay
5.2 Teroldego	14.1 Pinot Noir
5.3 Barbera	14.2 Chardonnay
6.1 Chardonnay	15.1 Pinot Noir
6.2 Pinot Noir	15.2 Teroldego
7.1 Chardonnay	15.3 Nebiolo

Município: Encruzilhada do Sul. Sistema de coordenadas: UTM WGS 84. Fonte: Vinhedos da Quinta (2019). Sentinel 2, 10 m (ESA, 2021).

Cartografia e SIG: Rosemary Hoff, DSc. Geóloga, CREA 53082 Pesquisadora SR e Geoprocessamento - Embrapa Uva e Vinho. Luisa Caon, acadêmica de Geologia - UNISINOS, Bolsista CNPq - LAGEO CNPQ.



Anexo II-b. Índice de diferença normalizada de água (NDWI) da banda 12, a partir de Sentinel-2 de fevereiro de 2021.



Vinhedos da Quinta

NDWIB12 - Sentinel 2 - 13/03/2021

- 0.0518246
- 0.1953687
- 0.3389128
- 0.4824569
- 0.626001

Imagem fundo: Google Earth

OBS.: Este índice de vegetação usa a banda B12 do SWIR para realçar mudanças no conteúdo de água na vegetação, como a sua estrutura esponjosa mesófila, enquanto que a banda NIR mostra água na estrutura interna da folha e o conteúdo da matéria seca pelos valores menores.

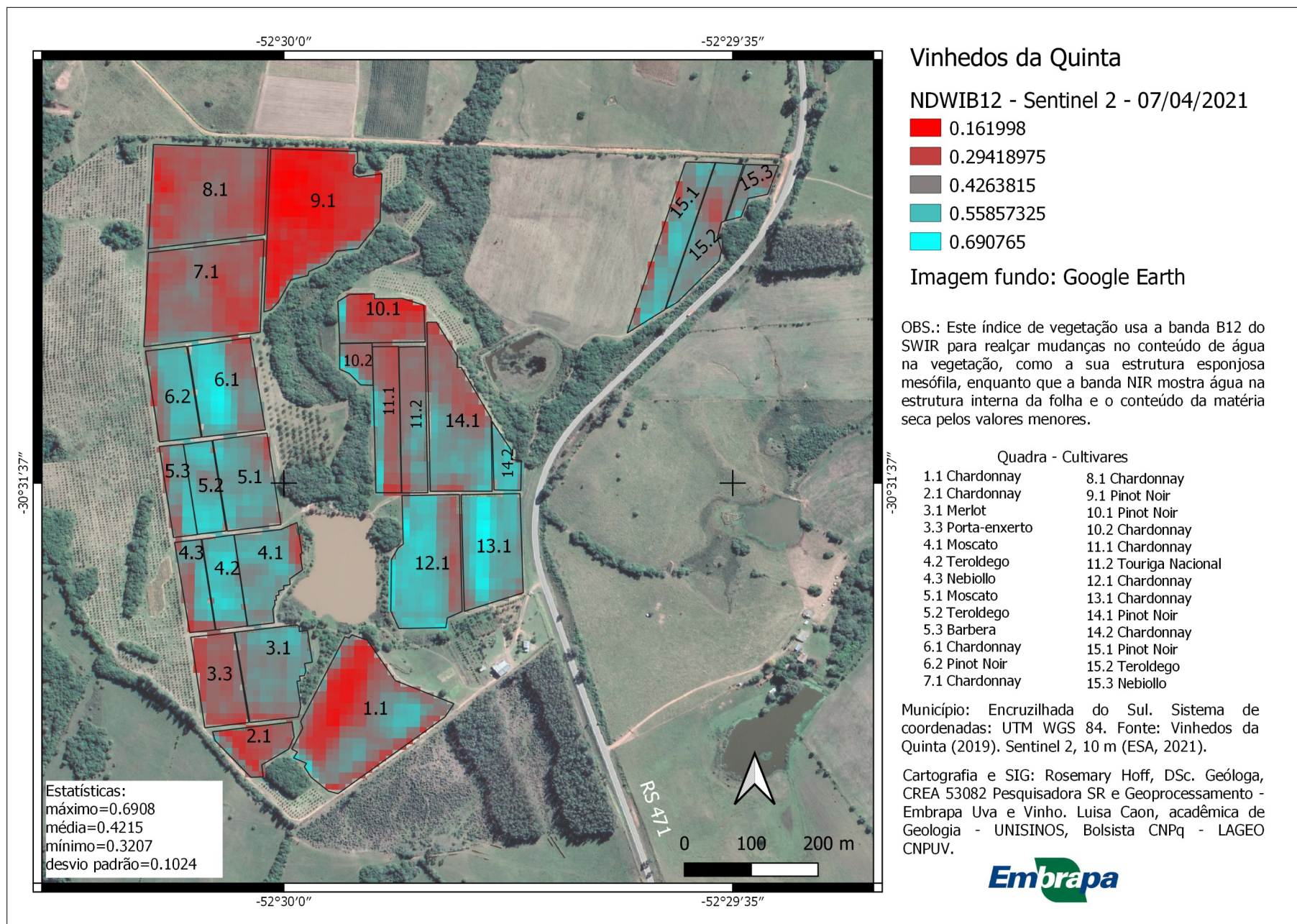
Quadra - Cultivares

1.1 Chardonnay	8.1 Chardonnay
2.1 Chardonnay	9.1 Pinot Noir
3.1 Merlot	10.1 Pinot Noir
3.3 Porta-enxerto	10.2 Chardonnay
4.1 Moscato	11.1 Chardonnay
4.2 Teroldego	11.2 Touriga Nacional
4.3 Nebiollo	12.1 Chardonnay
5.1 Moscato	13.1 Chardonnay
5.2 Teroldego	14.1 Pinot Noir
5.3 Barbera	14.2 Chardonnay
6.1 Chardonnay	15.1 Pinot Noir
6.2 Pinot Noir	15.2 Teroldego
7.1 Chardonnay	15.3 Nebiollo

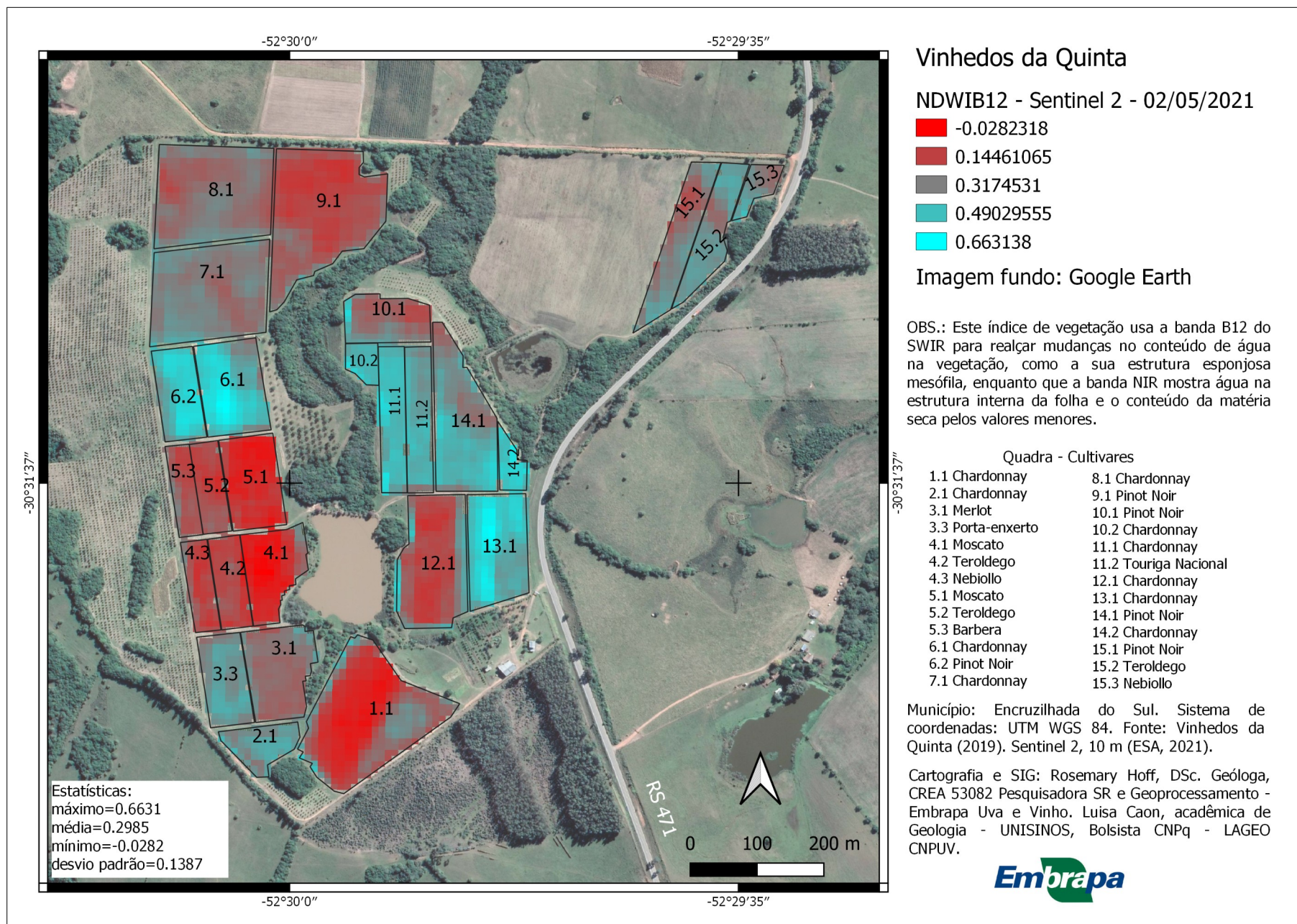
Município: Encruzilhada do Sul. Sistema de coordenadas: UTM WGS 84. Fonte: Vinhedos da Quinta (2019). Sentinel 2, 10 m (ESA, 2021).

Cartografia e SIG: Rosemary Hoff, DSc. Geóloga, CREA 53082 Pesquisadora SR e Geoprocessamento - Embrapa Uva e Vinho. Luisa Caon, acadêmica de Geologia - UNISINOS, Bolsista CNPq - LAGEO CNPQV.

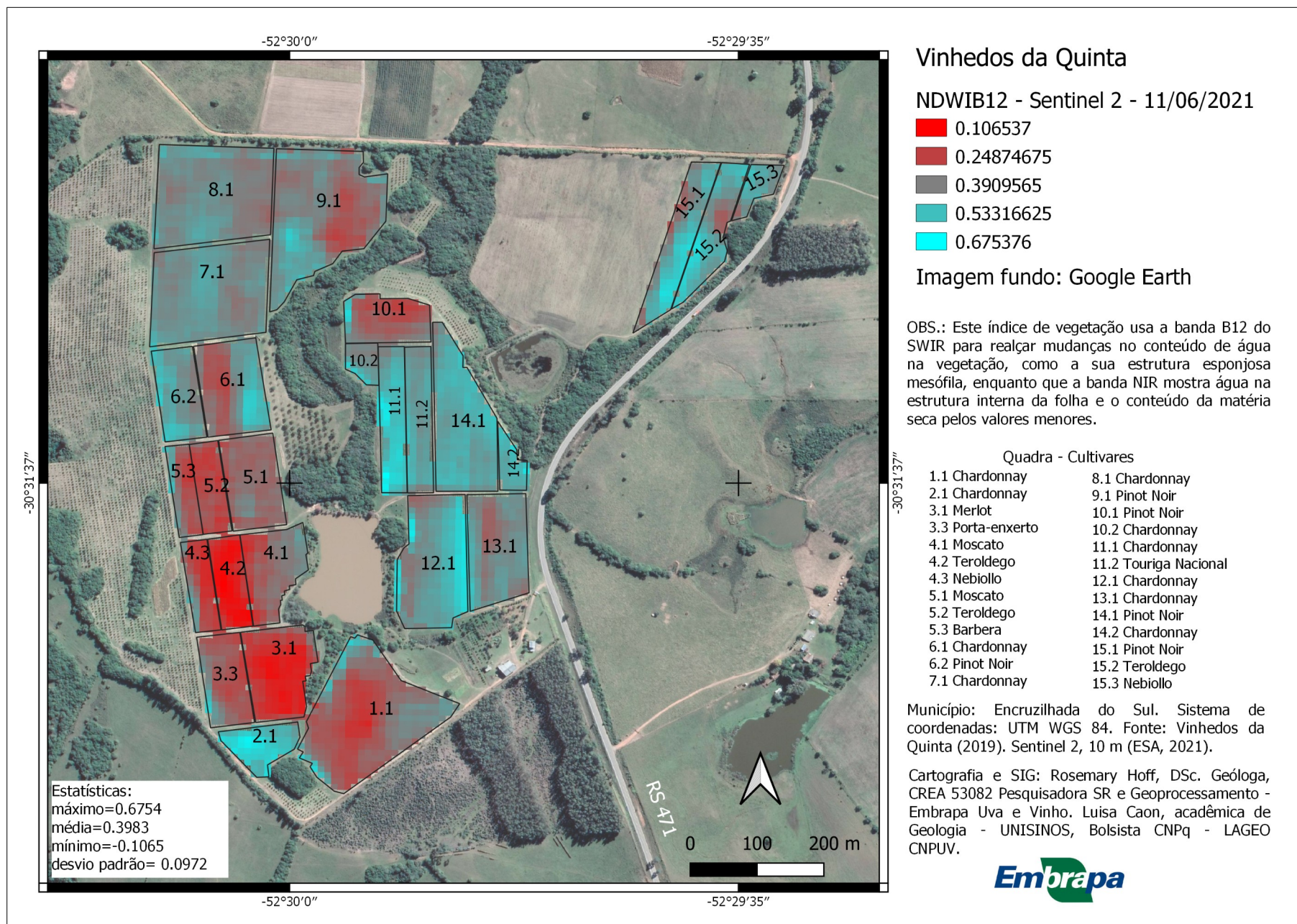




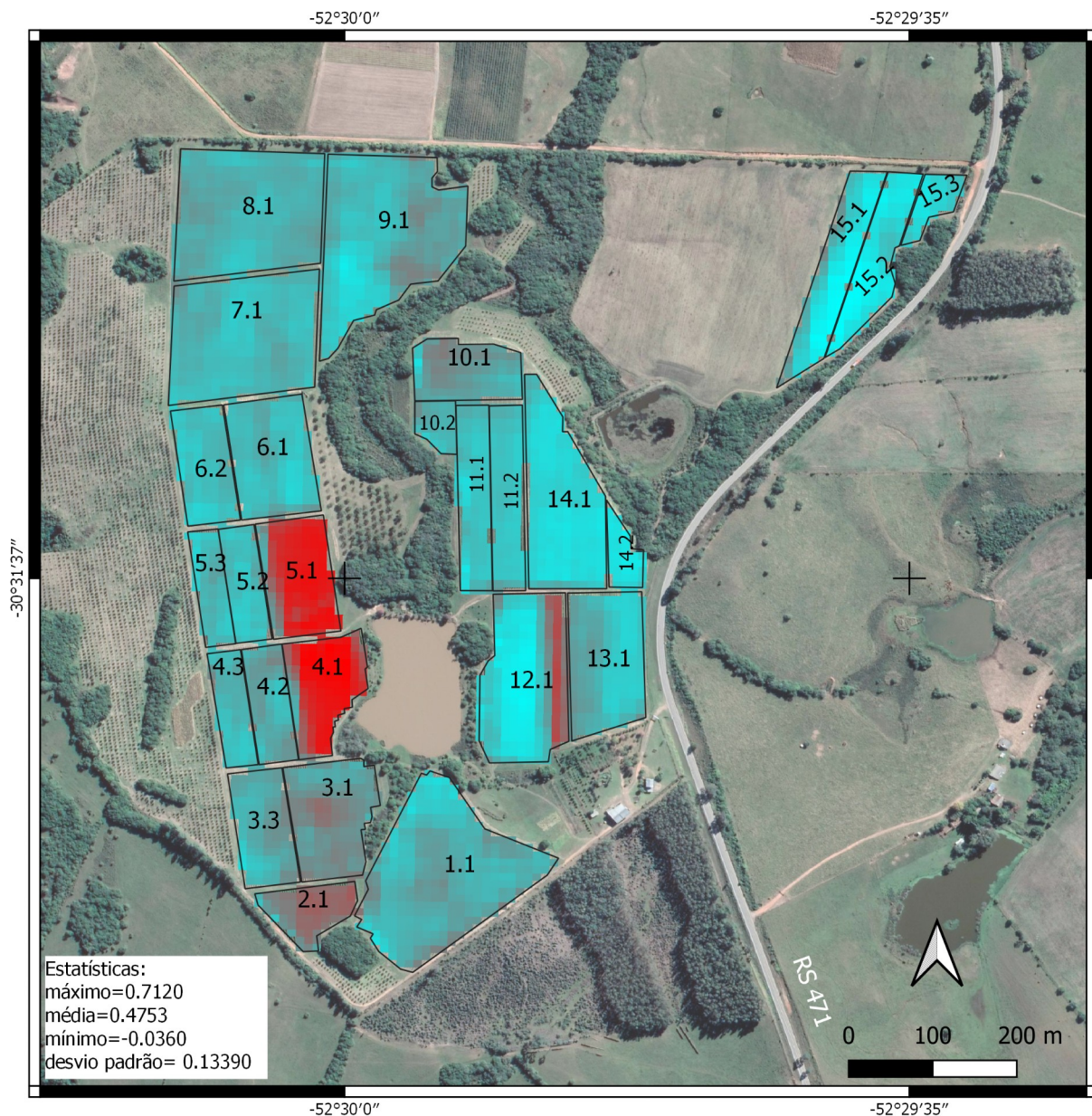
Anexo II-d. Índice de diferença normalizada de água (NDWI) da banda 12, a partir de Sentinel-2 de abril de 2021.



Anexo II-e. Índice de diferença normalizada de água (NDWI) da banda 12, a partir de Sentinel-2 de maio de 2021.



Anexo II-f. Índice de diferença normalizada de água (NDWI) da banda 12, a partir de Sentinel-2 de junho de 2021.



Vinhedos da Quinta

NDWIB12 - Sentinel 2 - 21/07/2021

- -0.0359786
- 0.1510243
- 0.3380272
- 0.5250301
- 0.712033

Imagem fundo: Google Earth

OBS.: Este índice de vegetação usa a banda B12 do SWIR para realçar mudanças no conteúdo de água na vegetação, como a sua estrutura esponjosa mesófila, enquanto que a banda NIR mostra água na estrutura interna da folha e o conteúdo da matéria seca pelos valores menores.

Quadra - Cultivares

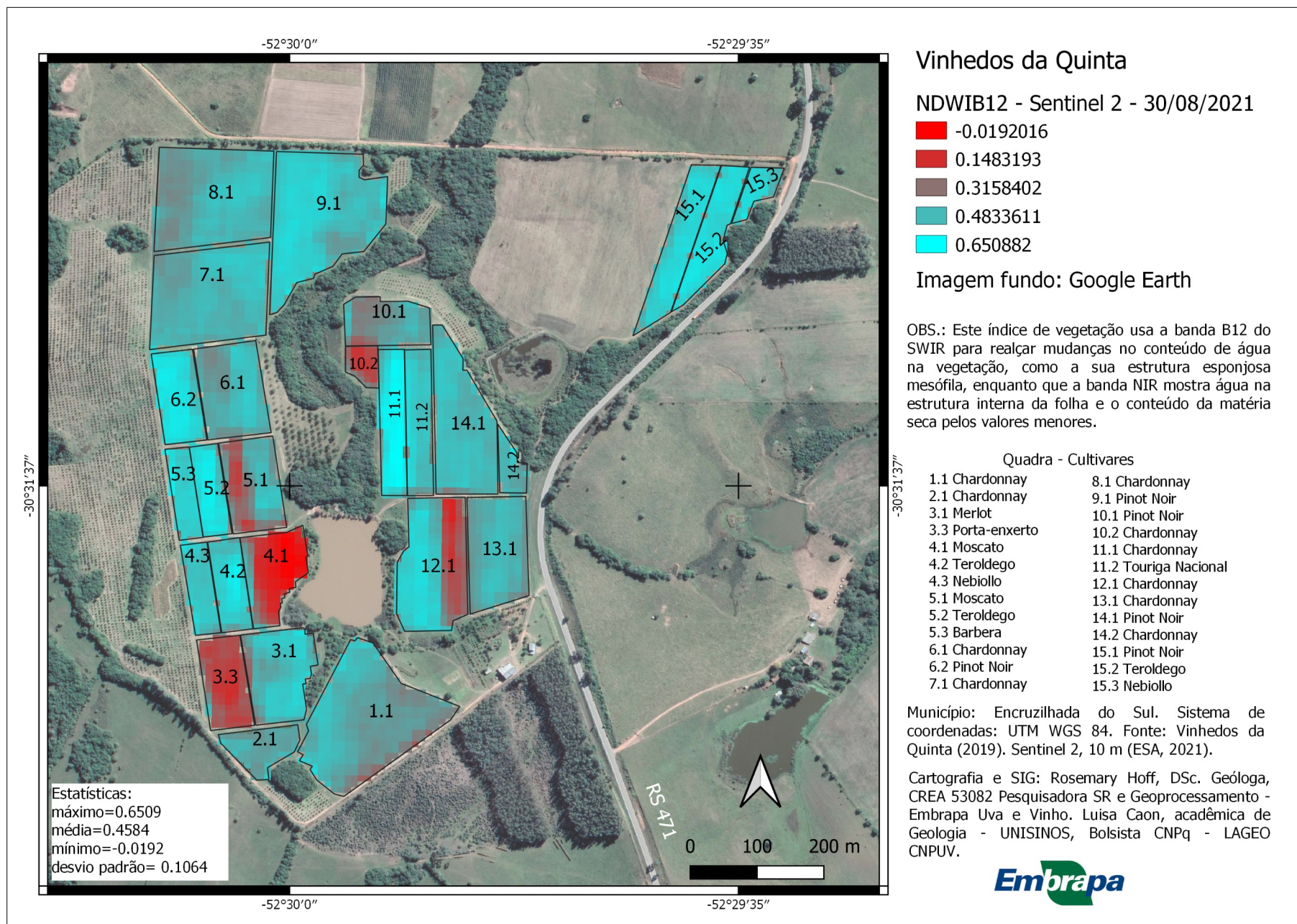
1.1 Chardonnay	8.1 Chardonnay
2.1 Chardonnay	9.1 Pinot Noir
3.1 Merlot	10.1 Pinot Noir
3.3 Porta-enxerto	10.2 Chardonnay
4.1 Moscato	11.1 Chardonnay
4.2 Teroldego	11.2 Touriga Nacional
4.3 Nebiollo	12.1 Chardonnay
5.1 Moscato	13.1 Chardonnay
5.2 Teroldego	14.1 Pinot Noir
5.3 Barbera	14.2 Chardonnay
6.1 Chardonnay	15.1 Pinot Noir
6.2 Pinot Noir	15.2 Teroldego
7.1 Chardonnay	15.3 Nebiollo

Município: Encruzilhada do Sul. Sistema de coordenadas: UTM WGS 84. Fonte: Vinhedos da Quinta (2019). Sentinel 2, 10 m (ESA, 2021).

Cartografia e SIG: Rosemary Hoff, DSc. Geóloga, CREA 53082 Pesquisadora SR e Geoprocessamento - Embrapa Uva e Vinho. Luisa Caon, acadêmica de Geologia - UNISINOS, Bolsista CNPq - LAGEO CNPQV.



Anexo II-g. Índice de diferença normalizada de água (NDWI) da banda 12, a partir de Sentinel-2 de julho de 2021.



Anexo II-h. Índice de diferença normalizada de água (NDWI) da banda 12, a partir de Sentinel-2 de agosto de 2021.



Vinhedos da Quinta

NDWIB12 - Sentinel 2 - 24/10/2021

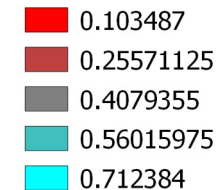


Imagem fundo: Google Earth

OBS.: Este índice de vegetação usa a banda B12 do SWIR para realçar mudanças no conteúdo de água na vegetação, como a sua estrutura esponjosa mesófila, enquanto que a banda NIR mostra água na estrutura interna da folha e o conteúdo da matéria seca pelos valores menores.

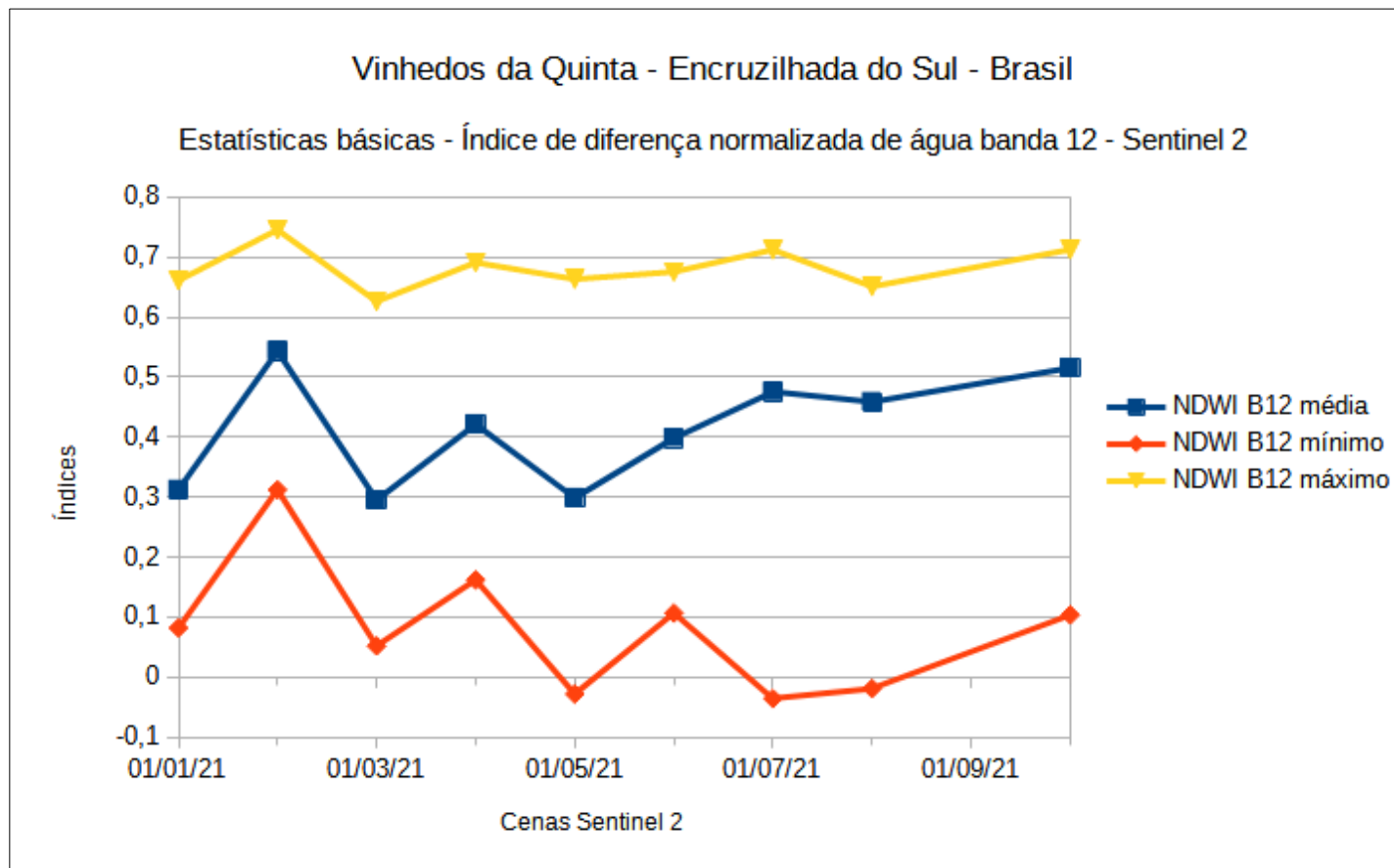
Quadra - Cultivares

1.1 Chardonnay	8.1 Chardonnay
2.1 Chardonnay	9.1 Pinot Noir
3.1 Merlot	10.1 Pinot Noir
3.3 Porta-enxerto	10.2 Chardonnay
4.1 Moscato	11.1 Chardonnay
4.2 Teroldego	11.2 Touriga Nacional
4.3 Nebiolo	12.1 Chardonnay
5.1 Moscato	13.1 Chardonnay
5.2 Teroldego	14.1 Pinot Noir
5.3 Barbera	14.2 Chardonnay
6.1 Chardonnay	15.1 Pinot Noir
6.2 Pinot Noir	15.2 Teroldego
7.1 Chardonnay	15.3 Nebiolo

Município: Encruzilhada do Sul. Sistema de coordenadas: UTM WGS 84. Fonte: Vinhedos da Quinta (2019). Sentinel 2, 10 m (ESA, 2021).

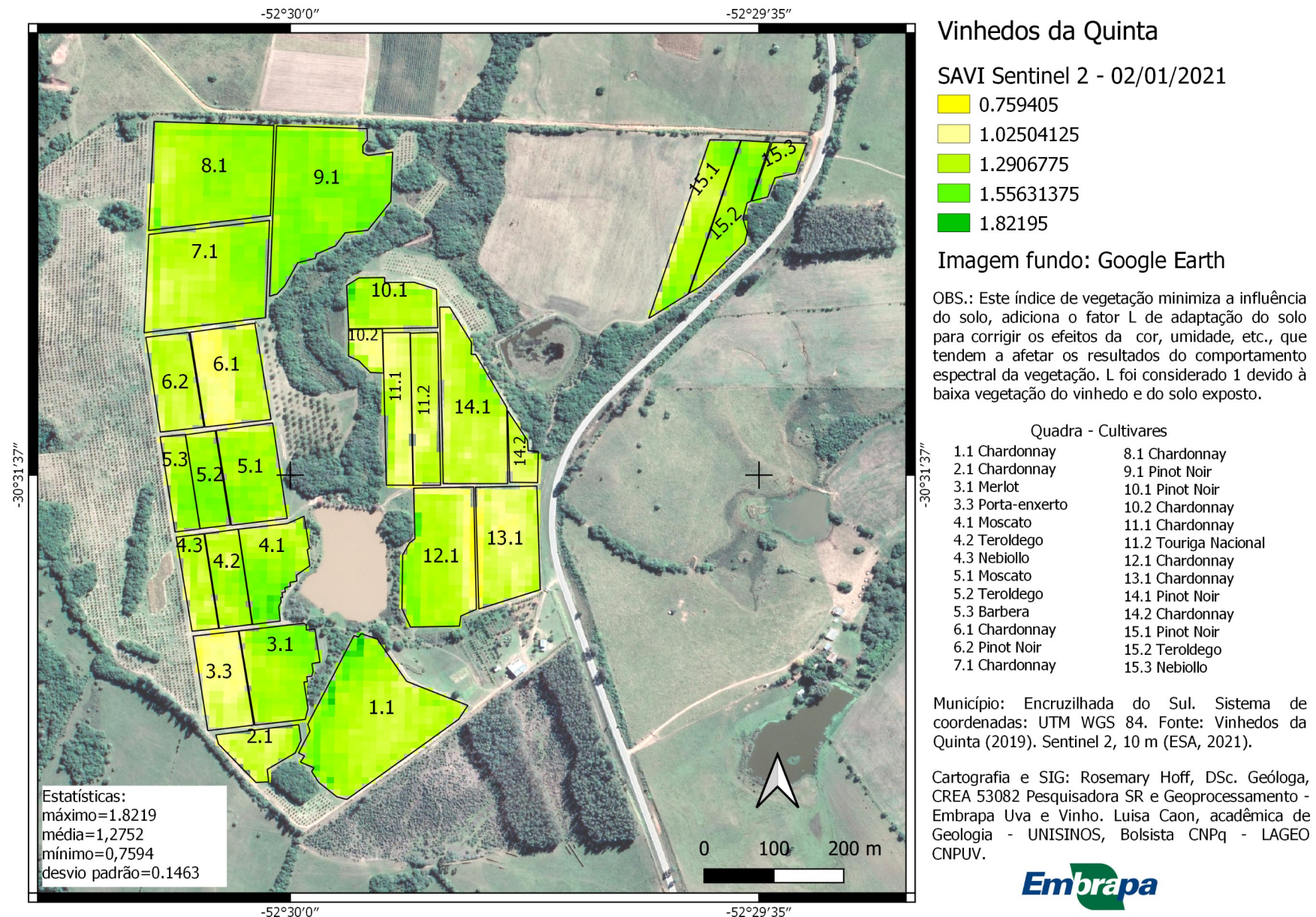
Cartografia e SIG: Rosemary Hoff, DSc. Geóloga, CREA 53082 Pesquisadora SR e Geoprocessamento - Embrapa Uva e Vinho. Luísa Caon, acadêmica de Geologia - UNISINOS, Bolsista CNPq - LAGEO CNPQV.



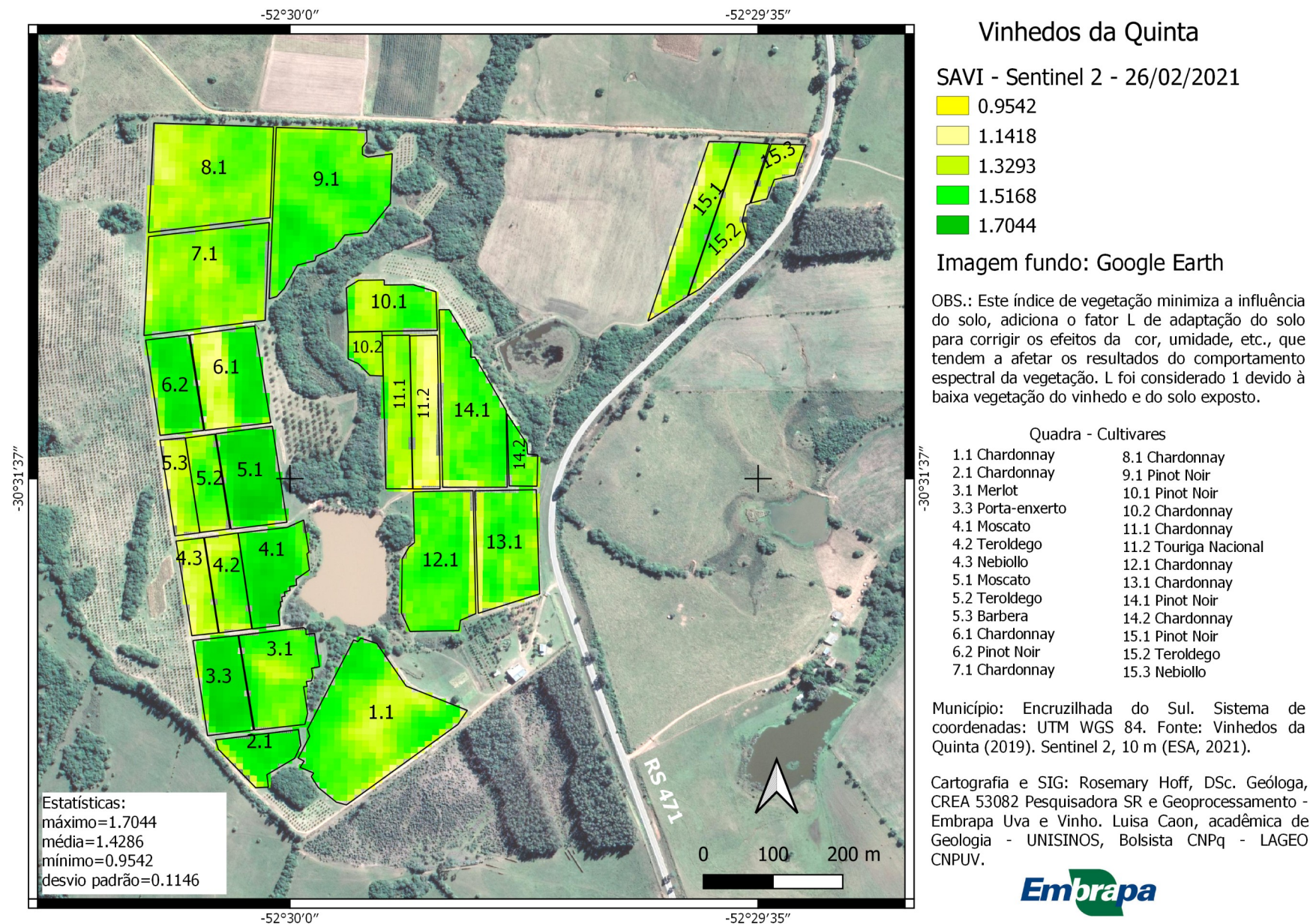


Anexo II-m. Estatísticas básicas do NDWI - banda 12 dos Vinhedos da Quinta para o ano de 2021.

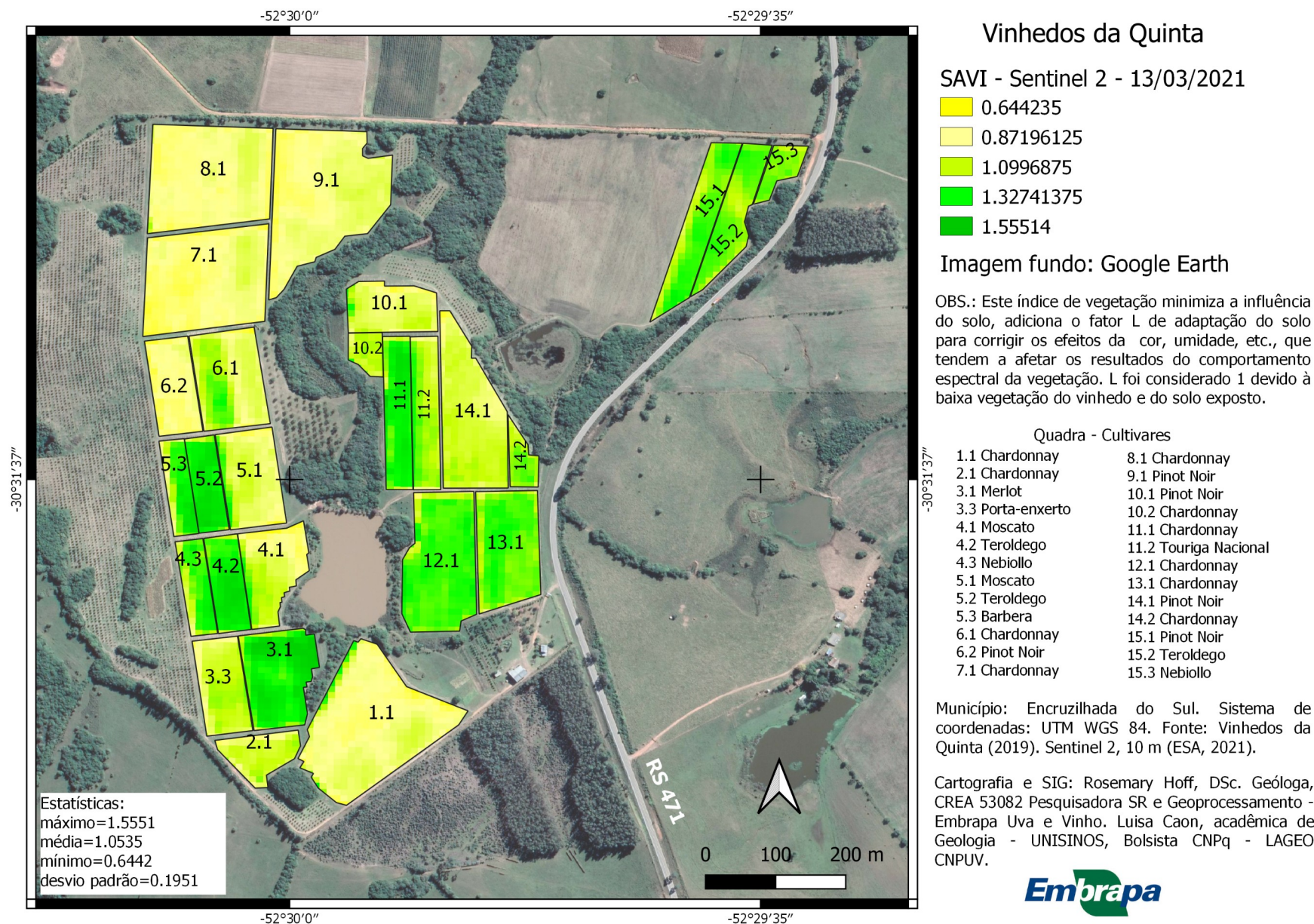
Anexo III - Índice SAVI



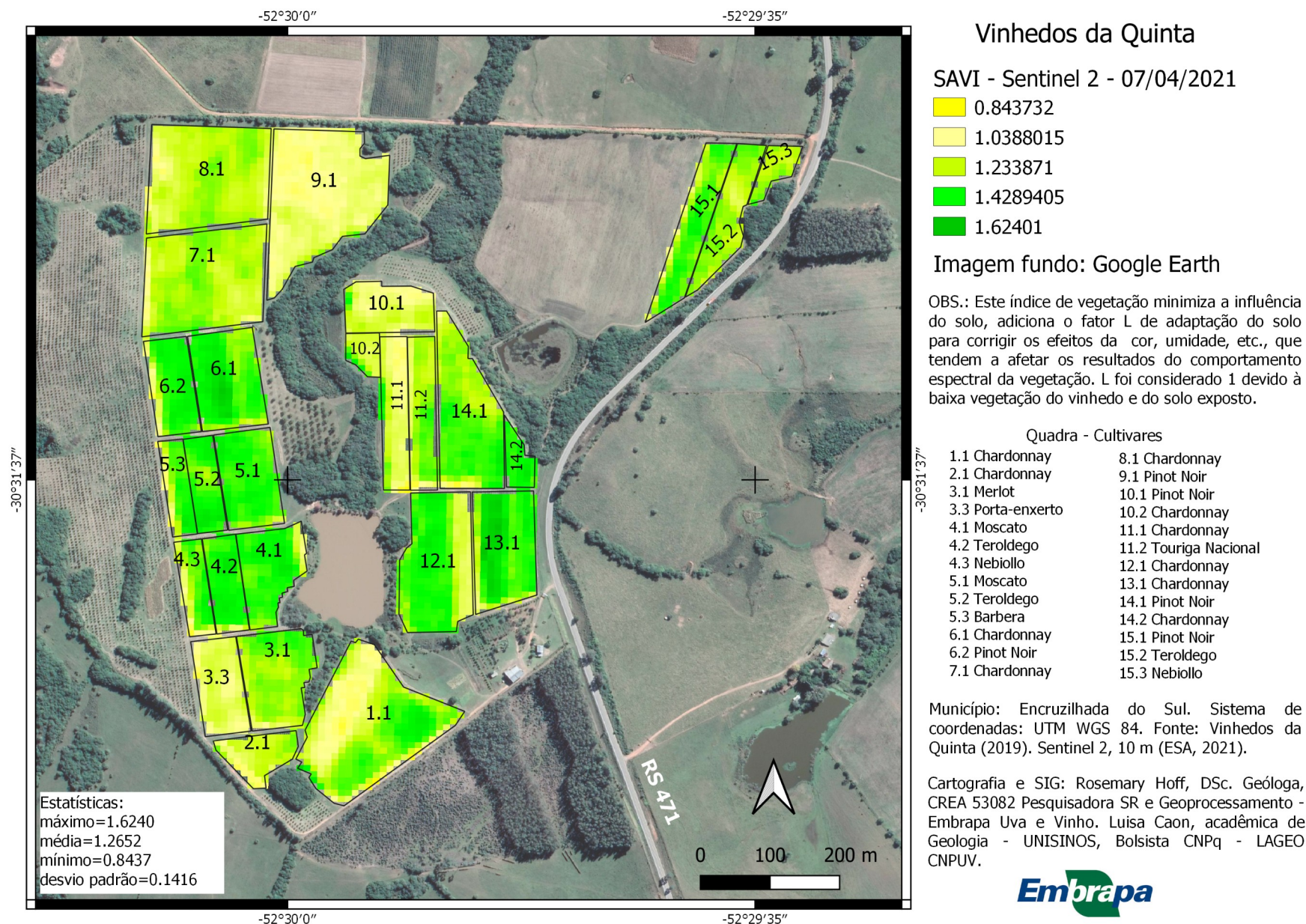
Anexo III-a. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de janeiro de 2021.



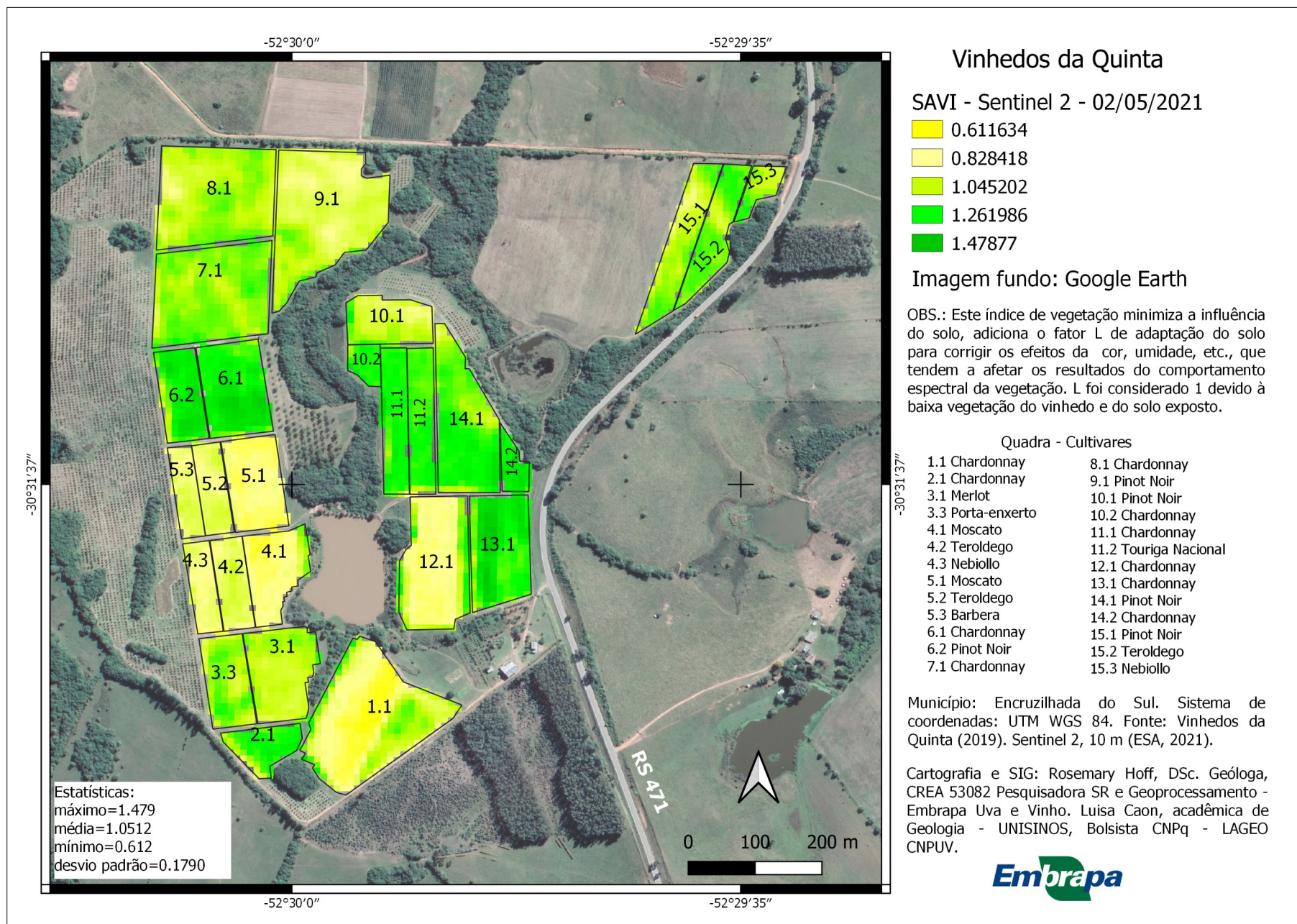
Anexo III-b. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de fevereiro de 2021.



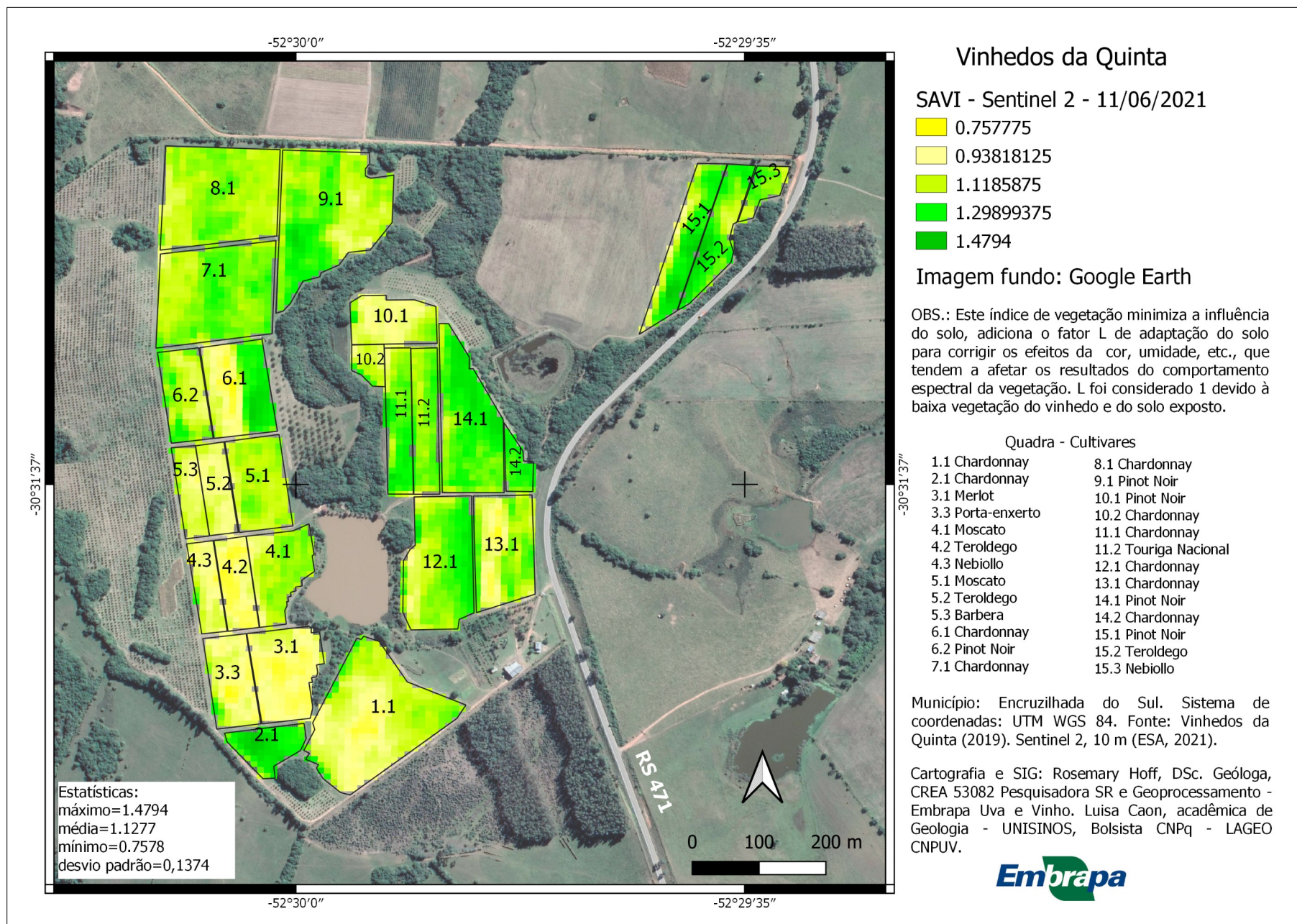
Anexo III-c. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de março de 2021.



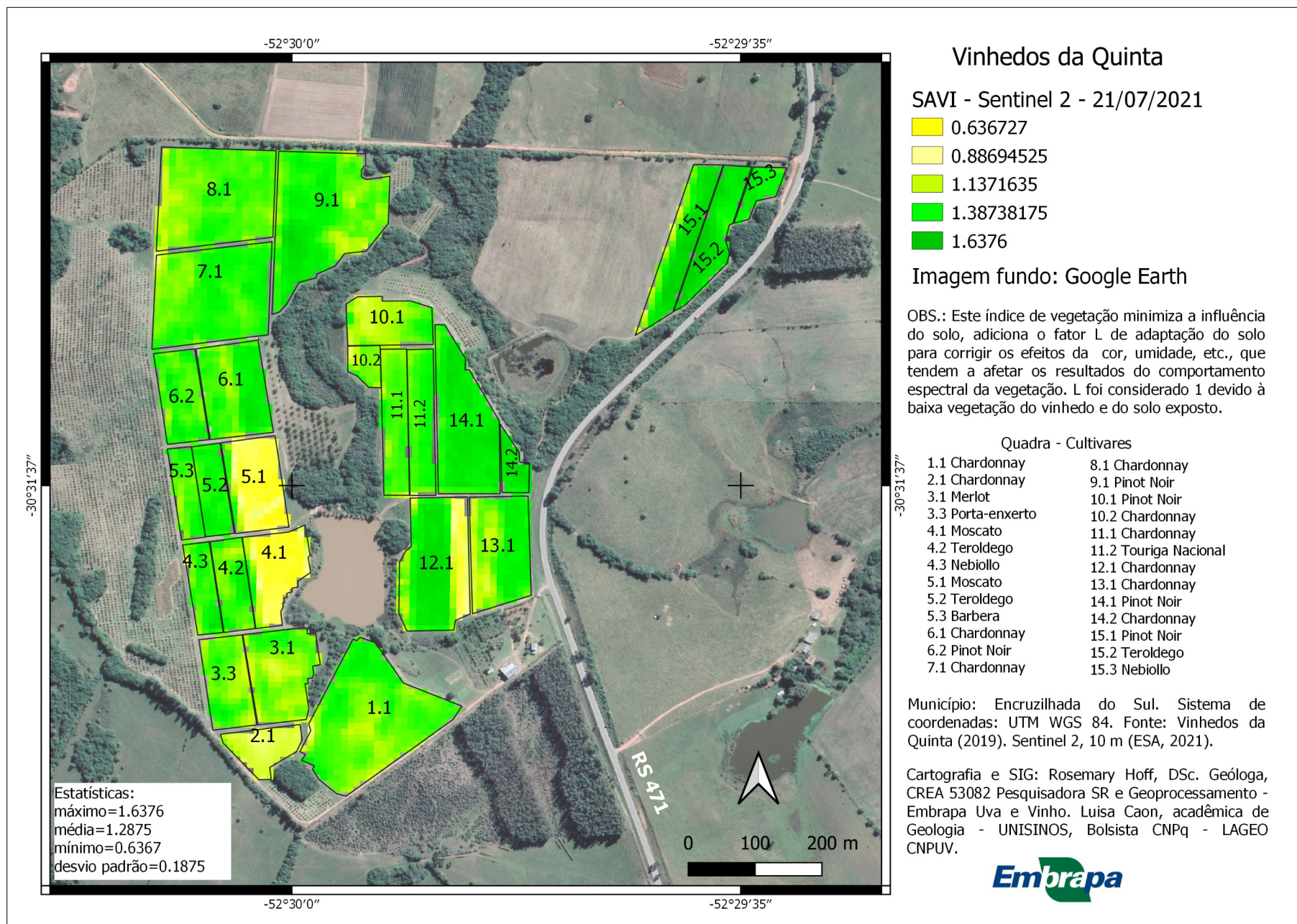
Anexo III-d. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de abril de 2021.



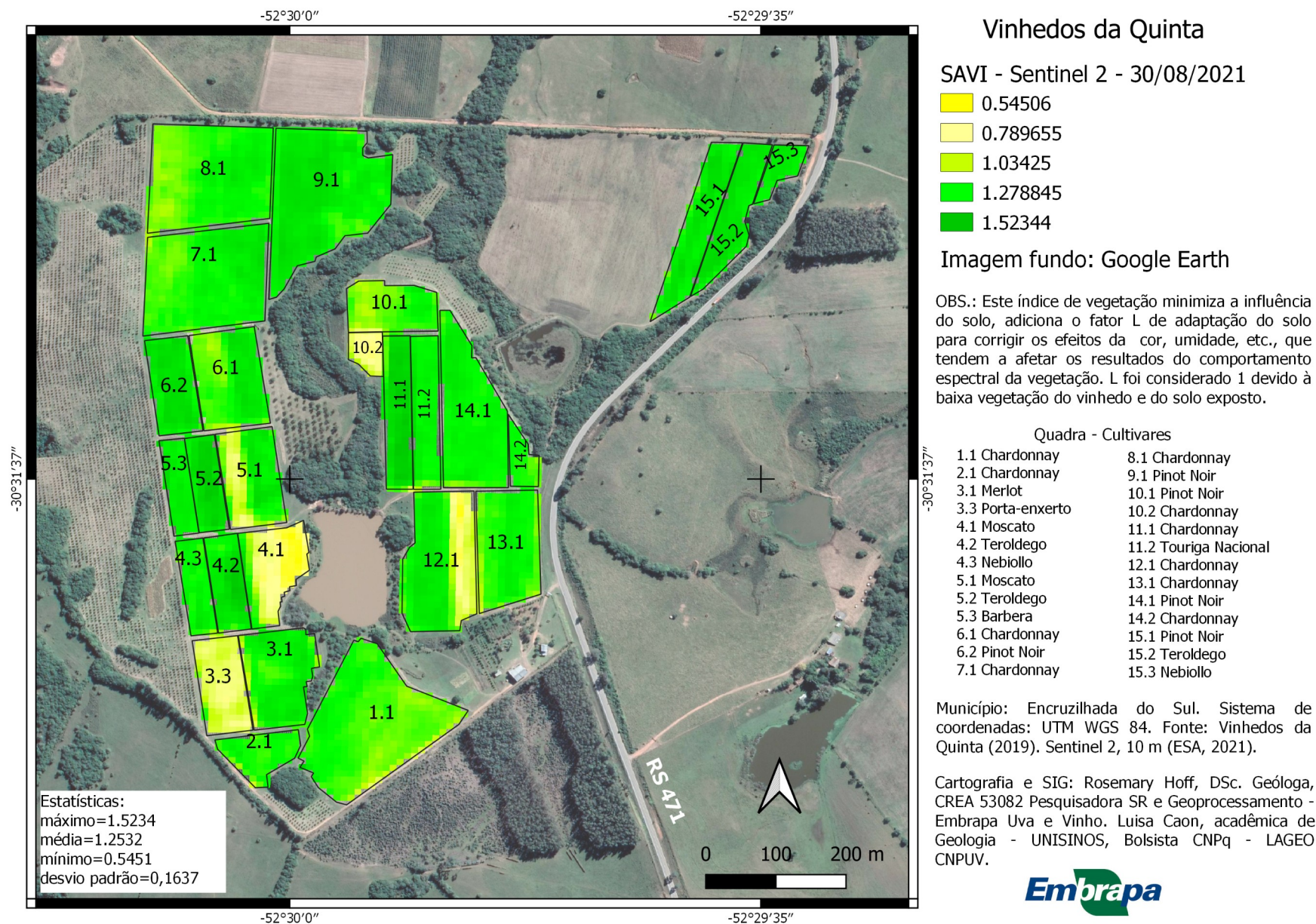
Anexo III-e. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de maio de 2021.



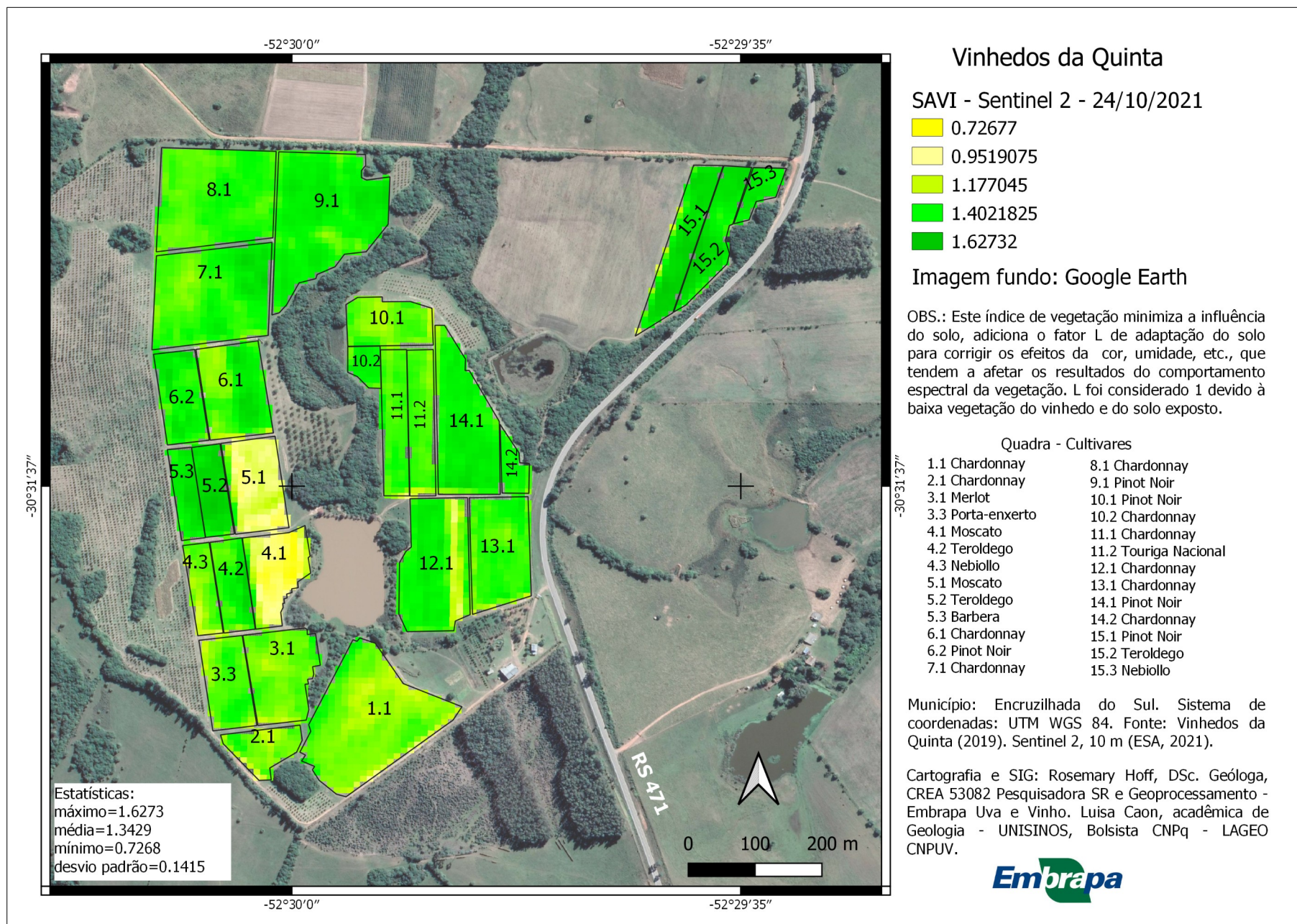
Anexo III-f. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de junho de 2021.



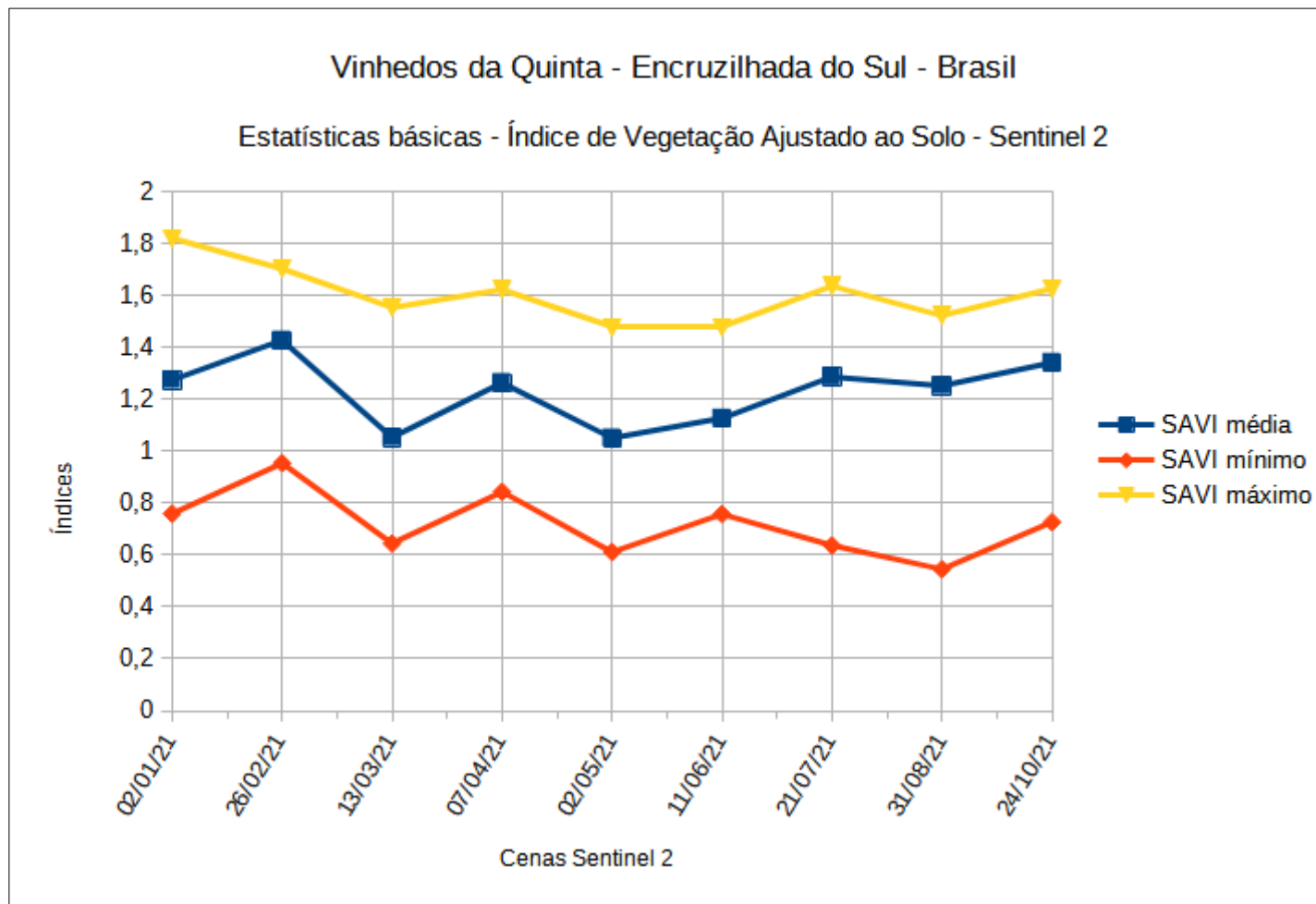
Anexo III-g. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de julho de 2021.



Anexo III-h. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de agosto de 2021.



Anexo III-i. Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), a partir de Sentinel-2 de outubro de 2021.



Anexo III-m. Estatísticas básicas do SAVI dos Vinhedos da Quinta para o ano de 2021.



Conclusão e recomendações

Os dados podem de dar suporte às outras áreas de estudo do projeto e foram inclusos no banco de dados geográfico da Embrapa (GeoInfo). Podem também ser referência metodológica para estudos de indicação geográfica na região vitivinícola Serra do Sudeste.

Referências

Barnes, E.M.; Clarke, T.R.; Richards, S.E.; Colaizzi, P.D.; Haberland, J.; Kostrzewski, M.; et al. Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground-based multispectral data. In: Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture, 2000.

ESA - European Space Agency. 2021. Sentinel-2 MSI User Guide. Disponível: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA) / SHARING EARTH OBSERVATION RESOURCES (EOPortal). Copernicus (European Commission's Earth Observation Program) / formerly GMES. Disponível em: <<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus#sentinels>>.

Gitelson, A., et al. "Vegetation and Soil Lines in Visible Spectral Space: A Concept and Technique for Remote Estimation of Vegetation Fraction." International Journal of Remote Sensing 23 (2002): 2537–2562. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160110107806>

Gitelson, A.A.; Kaufman, Y. J.; erzlyak, M. N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS, Remote Sensing of Environment, Volume 58, Issue 3, 1996, Pages 289-298, ISSN 0034-4257, [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00072-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00072-7). Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425796000727>

Gitelson, AA, Kaufman, YJ, Merzlyak, MN (1996). Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 58(3), 289-298. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425796000727>

GVA – Generalitat Valenciana. Associación gvSIG. 2020. Disponível em: <http://www.gvsig.com/pt/inicio-pt-br>



Hoff, R., J.R. Ducati and A.R. Farias. 2017. GIS and remote sensing to support precision viticulture for analysis of vineyards in the Campanha Wine Region, Brazil. Journal of Environmental & Agricultural Sciences. 10: 20-32. Disponível:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161041/1/GIS-RemoteSensing-Precision-Viticulture-2016-1.pdf>

Huete, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment Volume 25, Issue 3, August 1988, Pages 295-309. Disponível:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/003442578890106X>

Huete, A.; Didan, K; Miura T., Rodriguez E.P., Gao X., Ferreira L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices, Remote Sensing of Environment, Volume 83, Issues 1–2, 2002, Pages 195-213, ISSN 0034-4257, [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2). Disponível:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425702000962>

Junges, A. H.; Pauletto, H.; Alberti, R.; H.; Hoff, R.; Ducati, J. R. 2017a. Orbital remote sensing to monitoring vine cycle using vegetation index in “Campanha region”, Rio Grande do Sul State, Brazil. Télédetection orbital pour la surveillance du cycle de la vigne par indice de végétation dans la région de la Campanha au Sud du Brésil. Giesco 2017, Proceedings, Mendoza. Disponível:

<https://www.giesco.org/article-orbital-remote-sensing-to-monitoring-vine-cycleusing-vegetation-index-in-%E2%80%9Ccampanha-region%E2%80%9D-riogrande-do-sul-state-brazilteledetection-orbital-pour-la-surveillance-du-cycle-de-la-vignepar-859.html>

Junges, A. H.; Fontana, D. S.; Anzanello, R.; Bremm, C. 2017b. Normalized difference vegetation index obtained by ground-based remote sensing to characterize vine cycle in Rio Grande do Sul, Brazil. Ciência e Agrotecnologia, 41(5):543-553, Sep/Oct. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542017415049016>.

Liu, H.Q.; Huete, A.R. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 1995, 33, 457-465. Disponível: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8746027>

McFeeters, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169608948714>



MOREIRA, L. C. J.; TEIXEIRA, A. S.; GALVÃO, L. S. Utilização de índices de vegetação obtidos de dados multiespectrais e hiperespectrais para detectar estresse salino na cultura do arroz. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2387-2394. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. IBI: <8JMKD3MGP6W34M/3JM49UB>. Disponível em: <<http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP6W34M/3JM49UB>>.

QGIS. 2020. Guia do Usuário QGIS. Disponível: https://docs.qgis.org/3.10/pt_BR/docs/user_manual/

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317.